



# DESIGN INTERATIVO, TECNOLOGIA E NATUREZA.

Um estudo sobre materiais e sistemas inteligentes na interação do produto com o utilizador.

**ANA FILIPA MARTINHO SILVA**

AUTOR: **ANA FILIPA MARTINHO SILVA**

ORIENTADORES: **JOAQUIM GABRIEL MAGALHÃES MENDES**  
**CARLOS CASIMIRO DA COSTA**

DISSERTAÇÃO DE CARIZ TEORICO-PRATICO, PARA  
OBTENÇÃO DO **GRAU DE MESTRE EM DESIGN DE PRODUTO**

FACULDADE DE BELAS ARTES, FBAUP  
FACULDADE DE ENGENHARIA, FEUP  
UNIVERSIDADE DO PORTO

PORTO, JULHO 2016







# AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por toda a educação e o apoio que sempre me deram ao longo da vida, e por, mais que ninguém, acreditarem e me incentivarem sempre nas minhas ideias e ambições ao longo da vida. À minha irmã, que está sempre presente e é a minha inspiração ao longo da vida.

Ao Tiago Paulino, por toda a ajuda, apoio e partilha de conhecimento que me deu ao longo de todo o processo.

À Ema, que me acompanhou nas minhas viagens no Porto e ao longo deste processo.

Aos meus orientadores, Joaquim Mendes e Carlos Casimiro, por ter suportado esta ideia, pelo seu tempo e conselhos.

À Cristina Abrunhosa, que acreditou nesta ideia, e disponibilizou o seu atelier e tempo para me ensinar a fazer obras primas.

Aos amigos e família. Obrigada.

# RESUMO

A presente dissertação configura-se no contexto do design de produto e da aplicação de novos materiais e tecnologias, tendo por objectivo promover um design inovador e comunicativo, com impacto na qualidade de vida do ser humano.

Com o aumento do nível de exigência dos cidadãos na procura de produtos melhores e inovadores, assim como a maior consciencialização e preocupação da sociedade com o meio ambiente, a que a evolução tecnológica está associada, é imprescindível inovar de modo a maximizar as potencialidades de diversos materiais no design de produto, num ponto de vista criativo.

Partindo da ideia de um vaso para plantas, foi desenvolvida uma pesquisa exploratória com base na aplicação de materiais inteligentes e sensores em vasos para plantas, num projeto viável e sustentável, tendo em consideração as necessidades da sociedade e a questão ambiental no contexto da qualidade do ar que respiramos.

Assim, foram desenvolvidos duas coleções de vasos, a primeira que explora a uma vertente sensorial do objeto através da utilização de materiais cromogénicos, e a segunda que utiliza um sistema de sensores, com capacidade para medir o dióxido de carbono presente no ar e a humidade da terra.

## **PALAVRAS CHAVES:**

design de produto, design inteligente, materiais inteligentes, plantas, qualidade do ar, sustentabilidade, cor, interação

# ABSTRACT

This work set in the context of product design and application of new materials and technologies, aimed to promote an innovative and communicative design, able to influence the quality of life of human beings.

With the increasing demand of citizens looking for better and innovative products, as well as the increased awareness and concern of society with the environment, that technological evolution is associated, it's essential to innovate and maximize the potential of various materials in product design, from a creative point of view.

Starting from the idea of a plant pot, an exploratory research was developed based on the application of smart materials and sensors in pots for plants will be developed in order to obtain a viable and sustainable project, taking into account the needs of society and environmental issues in the quality context of the air we breathe .

Therefore, there were developed two collections of plant pots. The first one explores a sensory component of the object through the use of chromogenic materials, and the second uses a sensors based system, capable of measuring carbon dioxide concentrations of the air and moisture levels of the soil.

## KEYWORDS:

product design, intelligent design, smart materials, plants, air quality, sustainability, color, interaction



# LISTA DE FIGURAS

## ESQUEMAS

PÁGINA

Esquema 1: Mapa mental que mostra as ideias fulcrais que deram início ao projeto Fonte: Autor	4
Esquema 2: Conceito utilizado ao longo da investigação Fonte: Autor	6
Esquema 3: Linha cronológica de acontecimentos marcantes na história, relacionados com a evolução dos materiais e do design Fonte: Autor	17
Esquema 4: Colocação dos materiais inteligentes no universo dos materiais Fonte: Autor	34
Esquema 5: Conceito do projeto Fonte: Autor	84
Esquema 6: Etapas do projeto Fonte: Autor	85
Esquema 7: Ligação do Sensor MQ135 à placa de Arduino Fonte: Autor	116
Esquema 8: Ligações do sistema de leitura CO <sub>2</sub> -projeto 1 Fonte: Autor	126
Esquema 9: Ligação do sistema -projeto 2 Fonte: Autor	129
Esquema 10: Ligações do sistema de leitura CO <sub>2</sub> -projeto 2 Fonte: Autor	130

## GRÁFICOS

PÁGINA

Gráfico 1: Níveis médios anuais de concentração atmosférica global de dióxido de carbono de 1750 a 2016. Fonte: Medições do Observatório Mauna Loa (MLO) na Ilha Grande do Havai EUA.	70
Gráfico 2: Concentração de CO <sub>2</sub> no espaço 1 Fonte: Autor	117
Gráfico 3: Concentração de CO <sub>2</sub> no espaço 2 Fonte: Autor	118
Gráfico 4: Concentração de CO <sub>2</sub> no espaço 3 Fonte: Autor	119
Gráfico 5: Concentração de CO <sub>2</sub> no espaço 4 Fonte: Autor	120
Gráfico 6: Concentração de CO <sub>2</sub> no espaço 5 Fonte: Autor	121
Gráfico 7: Concentração de CO <sub>2</sub> no espaço 6 Fonte: Autor	122

## TABELAS

## PÁGINA

Tabela 1: Estrutura e conteúdos da tese Fonte: Autor	7
Tabela 2. Colocação dos vários tipos de materiais inteligentes Fonte: Autor, baseado na estrutura dos materiais, apresentada no livro Smart Materials de Alex Ritter	35
Tabela 3. Classificação dos materiais inteligentes consoante o seu estímulo e resposta.	35
Tabela 4 Denominação do material cromativo em função do estímulo Fonte: Autor, baseado na tabela de Gregory et al, 2001, Neves 1997	40
Tabela 5: Principais poluentes atmosféricos e as suas consequências na saúde e no meio ambiente Fonte: Autor, segundo dados recolhidos da CCDD LVT	68
Tabela 6: QAI - Air Quality Index. Fonte: <a href="http://aqicn.org/">http://aqicn.org/</a> permite visualizar os valores da poluição do ar no mundo em tempo real.	69
Tabela 7: Concentrações máximas de referência de poluentes químicos no interior de edifícios em Portugal de acordo com o RSECE (RSECE, 2006)	73
Tabela 8: Conversão de gases em fracções molares em parte por milhão (ppm) para concentrações (mg.m-3)	73
Tabela 9: Valores limites de concentração de CO2	75
Tabela 10: Lista das 12 plantas de casa purificadores de ar, e os tipos de contaminantes do ar que eliminam. Fonte: NASA Clean Air Study.	76
Tabela 11: Resultados e desempenho da aplicação das tintas cromativas Fonte: Autor	94
Tabela 12: Tipos e características de 8 pastas cerâmicas diferentes Fonte: Com base nas informações recolhidas no site <a href="http://www.r2w-cerâmica.pt">http://www.r2w-cerâmica.pt</a>	99
Tabela 13: Área, ocupação, atividade e aberturas dos espaços escolhidos para a análise da concentração de CO2. Fonte: Autor	115

## FIGURAS

## PÁGINA

Fig. 1: Desenho do helicóptero de Leonardo DaVinci Fonte: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Ornithopter">https://en.wikipedia.org/wiki/Ornithopter</a>	19
Fig. 2: Método Catenário de Antoni Gaudi Fonte: <a href="http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/GAUDI_-_SAGRADA_FAMILIA-CATENARIA">http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/GAUDI_-_SAGRADA_FAMILIA-CATENARIA</a>	19
Fig. 3: Poluição do ar na China Fonte: <a href="https://www.allianz.com/en/about_us/open-knowledge/topics/environment/articles/130306-pollution-in-china-tasting-the-air.html/">https://www.allianz.com/en/about_us/open-knowledge/topics/environment/articles/130306-pollution-in-china-tasting-the-air.html/</a>	21
Fig. 4: Radio Gesundheit, ADG - Attenborough Design Group Fonte: <a href="http://www.d10.rca.ac.uk/">http://www.d10.rca.ac.uk/</a>	22
Fig. 5: CD's Floppy Legs, ADG - Attenborough Design Group Fonte: <a href="http://www.d10.rca.ac.uk/">http://www.d10.rca.ac.uk/</a>	22
Fig. 6: Lâmpada Antitouch, ADG - Attenborough Design Group Fonte: <a href="http://www.d10.rca.ac.uk/">http://www.d10.rca.ac.uk/</a>	22
Fig. 7: NO.1, ROBOTS, 2007 Fonte: <a href="http://www.dunneandraby.co.uk/">http://www.dunneandraby.co.uk/</a>	22
Fig. 8: Projeto 1. Aura, 2012 Fonte: <a href="http://www.designboom.com/readers/viktor-kolbig-aura-plant-controlled-lighting/">http://www.designboom.com/readers/viktor-kolbig-aura-plant-controlled-lighting/</a>	24

Fig. 9: Projeto 2.Breathing Pot Fonte: <a href="http://www.yankodesign.com/2008/11/27/breathing-plants-demand-attention/">http://www.yankodesign.com/2008/11/27/breathing-plants-demand-attention/</a>	25
Fig.10: Interactive Plant Growing, 1992 Fonte: <a href="http://www.duncanlaurie.com/blogs/silent-dialogue-icc-tokyo">http://www.duncanlaurie.com/blogs/silent-dialogue-icc-tokyo</a>	25
Fig.11: Botanicus Interacturs Fonte: <a href="https://www.disneyresearch.com/project/botanicus-interacticus-interactive-plant-technology/">https://www.disneyresearch.com/project/botanicus-interacticus-interactive-plant-technology/</a>	25
Fig.12: Testament de Ackroyd e Harvey Fonte: <a href="http://www.ackroydandharvey.com/">http://www.ackroydandharvey.com/</a>	25
Fig.13: Life on Life de Ackroyd e Harvey Fonte: <a href="http://www.ackroydandharvey.com/">http://www.ackroydandharvey.com/</a>	25
Fig. 14: Performance de John Cage - “Child of tree” Fonte: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=XOtfYDeFRk">https://www.youtube.com/watch?v=XOtfYDeFRk</a>	26
Fig. 15: Plant Friend Fonte: <a href="http://zaza.zuilhof.nl/plant-friend">http://zaza.zuilhof.nl/plant-friend</a>	26
Fig. 16: Interactive Plants, 2012 Fonte: <a href="http://www.geeky-gadgets.com/researchers-create-interactive-plants-that-can-react-and-convey-emotions-video-04-04-2012/">http://www.geeky-gadgets.com/researchers-create-interactive-plants-that-can-react-and-convey-emotions-video-04-04-2012/</a>	26
Fig. 17: Exemplo da aplicação do kits BotaniCalls Fonte: <a href="https://www.botanicalls.com/kits/">https://www.botanicalls.com/kits/</a>	26
Fig. 18: Objectos Interativos – Coleção Penny Webb Fonte: <a href="http://pennywebb.co.uk/">http://pennywebb.co.uk/</a>	37
Fig.19: Camisa Oricaldo da empresa Grado Zero Espace Fonte: <a href="http://www.gradozero.eu/">http://www.gradozero.eu/</a>	38
Fig. 20: Colling Jacket da empresa Grado Zero Espace Fonte: <a href="http://www.gradozero.eu/">http://www.gradozero.eu/</a>	38
Fig.21: Pormenor do tecido com memória de forma desenvolvido por Yvonne Chan Vili Fonte: Livro Smart Material de Alex Ritter	38
Fig.22: Divisória de parede em tecido com memória de forma desenvolvido por Yvonne Chan Vili Fonte: Livro Smart Material de Alex Ritter	38
Fig.23: Cerveja Coors Light com rotulo termocrómico Fonte: <a href="http://www.colourchange.com/news.php?news=use-thermochromic-inks">http://www.colourchange.com/news.php?news=use-thermochromic-inks</a>	42
Fig.24: Colher de alimento para bebés da marca Tomme Tippee Fonte: <a href="http://www.tommeetippee.co.uk/departement/cutlery/">http://www.tommeetippee.co.uk/departement/cutlery/</a>	42
Fig. 25: Chaleira Thermocolour, de Russell Hobbs, 2001 Fonte: <a href="https://pt.pinterest.com/stjohnsmarlboro/smart-materials-and-products/">https://pt.pinterest.com/stjohnsmarlboro/smart-materials-and-products/</a>	42
Fig.26: Thermowand - Instalação no Musée d’Art Moderne de la Ville de Paris em França, de 1988 Fonte: Livro Smart Material de Alex Ritter	43
Fig.27: Exposição Interativa In Heat, de Jürgen Mayer na HUA Gallery, Nova York, 2005 Fonte: Livro Smart Material de Alex Ritter	43
Fig. 28: Papel de parede com tinta termocrómica Fonte: <a href="http://www.techpin.com/thermochromic/">http://www.techpin.com/thermochromic/</a>	43
Fig.29: Cartazes interativos de Shi Yuan Fonte: <a href="http://www.techpin.com/thermochromic/">http://www.techpin.com/thermochromic/</a>	43
Fig.30: Candeeiro Holo, Patrycja Domanska. Fonte: <a href="http://www.patrycjadomanska.com/">http://www.patrycjadomanska.com/</a>	44
Fig.31: Aplicação de cimento termocrómico numa parede com um relógio interativo. Fonte: Livro Smart Material de Alex	44
Fig.32: Aplicação de cimento termocrómico num pavimento. Fonte: Livro Smart Materials de Alex Ritter	44

Fig. 33: Oculos com lentes fotocromicas	45
Fonte: Livro Smart Materials de Alex Ritter	
Fig. 34: James robinson photochromic dyes	45
Fonte: Livro Smart Materials de Alex Ritter	
Fig. 35: Exterior do museu de Arte Moderna de Munique.	46
Fonte: <a href="http://www.dw.com">http://www.dw.com</a>	
Fig. 36: Escultura Photochromic	46
Fonte: Livro Materials that Change Color: Smart Materials, Intelligent Design	
Fig. 37: Pattern Wallpaper, projeto Static	46
Fonte: Smart Materials de Axel Ritter	
Fig. 38: Sistema de vidro eletrocrômico fabricados pela Gesimat, com objetivo de serem utilizados como janelas inteligentes. A sequência de imagens apresenta o sistema em diferentes estados reflexivos e transparente da luz.	47
Fonte: Smart Materials de Axel Ritter	
Fig. 39: Exemplo do sistema Priva-lite fabricado pela SGG-Saint-Gobain Glass utilizado no interior de uma casa	48
Fonte: <a href="http://www.anaco.gr/gr/mus/priva-lite.html">http://www.anaco.gr/gr/mus/priva-lite.html</a>	
Fig. 40: E - paper desenvolvido pela empresa de tecnologia E-ink	48
Fonte: Livro Smart Materials de Alex Ritter	
Fig.41: Edifício Chanel Ginza em Toquio, instalação de Peter Marino, 2004	48
Fonte: <a href="http://www.panoramio.com/photo/34876450">http://www.panoramio.com/photo/34876450</a>	
Fig. 42: Fashion Art: Marca *SquidLondon*, Emma-Jayne Parkes and Viviane Jaeger	49
Fonte: <a href="http://www.squidlondon.com/">http://www.squidlondon.com/</a>	
Fig. 43: Exemplo da aplicação da tinta hidrocrômica sobre papel	49
Fonte: <a href="http://www.smarol.com/hydrochromic-ink.html">http://www.smarol.com/hydrochromic-ink.html</a>	
Fig. 44: Rainforest dress - Rainbow Winters	50
Fonte: <a href="https://fashionologyuk.wordpress.com/category/fashion/clothing/">https://fashionologyuk.wordpress.com/category/fashion/clothing/</a>	
Fig. 45: Petal dress	50
Fonte: <a href="https://fashionologyuk.wordpress.com/category/fashion/clothing/">https://fashionologyuk.wordpress.com/category/fashion/clothing/</a>	
Fig.46: Imagem ilustrativa no projeto Pantone	51
Fonte: <a href="http://www.lifebuzz.com/monsoon/">http://www.lifebuzz.com/monsoon/</a>	
Fig.47: Toalha de mesa “underfull” de Kristine Bjaadal	51
Fonte: <a href="http://www.kristinebjaadal.no/portfolio/underfull/">http://www.kristinebjaadal.no/portfolio/underfull/</a>	
Fig.48: Representação da marca da pancada da bola no campo de tenis	52
Fonte: Jornal de o Internacional Colour Association 2004, artigo Ferrara & Bengisu	
Fig.49: Polymer Opals	52
Fonte: <a href="http://www.wired.com/2013/06/new-color-changing-material/">http://www.wired.com/2013/06/new-color-changing-material/</a>	
Fig.50: Creeping Buttercup, Ruth Handschin Pelicula fluorescente, iluminada com luz ultra violeta	56
Fonte: <a href="http://www.ruth-handschin.ch/handschin_arbeiten_1.html">http://www.ruth-handschin.ch/handschin_arbeiten_1.html</a>	
Fig.51: GlowingPlants	56
Fonte: <a href="http://www.ruth-handschin.ch/handschin_arbeiten_1.html">http://www.ruth-handschin.ch/handschin_arbeiten_1.html</a>	
Fig. 52: Fotografia em detalhe Blumen room divider	57
Fonte: Livro Smart Materials de Alex Ritter	
Fig.53: Projeto Weather Patterns com tintas eletroluminescente, de Wingfield e Gmachl, 2005	57
Fonte: <a href="http://loop.ph/portfolio/weather-patterns/">http://loop.ph/portfolio/weather-patterns/</a>	
Fig.54: Reflexão de diferentes cores de um vidro Dichroic sobre papel branco	60
Fonte: Livro Smart Materials de Alex Ritter	
Fig. 55: Vidro Dichroic em copos de vidro	60
Fonte: Livro Smart Materials de Alex Ritter	



Fig. 56: Nota com impressão de tinta ópticamente visível. Fonte: <a href="http://www.new-euro-banknotes.eu/Euro-Banknotes/Security-features/ADDITIONAL-FEATURES/%E2%82%AC200/">http://www.new-euro-banknotes.eu/Euro-Banknotes/Security-features/ADDITIONAL-FEATURES/%E2%82%AC200/</a>	60
Fig. 57: Fabrication Bag, Hanna Landin e Linda Worbin, 2005 Fonte: Livro Materials that Change Color: Smart Materials, Intelligent Design	62
Fig. 58: Pollution monitoring fashion - "Warning Signs" de Sue Ngo e Nien Lam, New York, 2011 Fonte: Livro Materials that Change Color: Smart Materials, Intelligent Design	62
Fig. 59: Acessórios de moda da marca The Unseen Fonte: <a href="https://www.winddle.com/blog/incredible-textile-innovations/">https://www.winddle.com/blog/incredible-textile-innovations/</a>	63
Fig. 60: Bowker - Coleção de roupa que reage à poluição do ar Fonte: <a href="http://www.ecouterre.com/pollution-absorbing-phnx-garment-reacts-to-its-environment-by-changing-color">http://www.ecouterre.com/pollution-absorbing-phnx-garment-reacts-to-its-environment-by-changing-color</a>	63
Fig. 61: Puddlejumper Fonte: <a href="http://radio-weblogs.com/0105910/2003/10/13.html">http://radio-weblogs.com/0105910/2003/10/13.html</a>	63
Fig. 62: Poluição atmosférica em Wuhan, na China Fonte: <a href="http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/poluicao-atmosferica-causas-consequencias-e-responsabilidades.htm">http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/poluicao-atmosferica-causas-consequencias-e-responsabilidades.htm</a>	66
Fig. 63: Concentração de dióxido de carbono na Europa, em Janeiro 2015. Fonte: <a href="https://www.co2.earth/">https://www.co2.earth/</a>	67
Fig. 64: Air Culture, Sarah Daher Fonte: <a href="http://www.dezeen.com/2015/11/03/sarah-daher-air-culture-concept-plant-lab-vegetalize-dutch-design-week-2015/">http://www.dezeen.com/2015/11/03/sarah-daher-air-culture-concept-plant-lab-vegetalize-dutch-design-week-2015/</a>	77
Fig. 65: Filtration Block de Elaine Tong Fonte: <a href="http://www.dezeen.com/2009/09/14/andrea-by-mathieu-lehanneur-brand-david-edwards/">http://www.dezeen.com/2009/09/14/andrea-by-mathieu-lehanneur-brand-david-edwards/</a>	77
Fig. 66: Parrot Flower Power Fonte: <a href="http://www.cnet.com/products/parrot-flower-power/">http://www.cnet.com/products/parrot-flower-power/</a>	78
Fig. 67: Andrea, Sistema de Purificação de Ar, 2007 Fonte: <a href="http://www.dezeen.com/2009/09/14/andrea-by-mathieu-lehanneur-brand-david-edwards/">http://www.dezeen.com/2009/09/14/andrea-by-mathieu-lehanneur-brand-david-edwards/</a>	78
Fig. 68: Aeris air purifier Fonte: <a href="http://www.homecrux.com/2015/04/13/26670/aeris-air-purifier-uses-plants-to-clean-your-environment.html">http://www.homecrux.com/2015/04/13/26670/aeris-air-purifier-uses-plants-to-clean-your-environment.html</a>	78
Fig. 69: Clairry air purifier Fonte: <a href="http://www.clairry.co/">http://www.clairry.co/</a>	78
Fig. 70 : Tintas utilizadas ao longo do projeto Fonte: Autor	89
Fig. 71 : Tipo de amostras utilizadas Fonte: Autor	89
Fig. 72 : Experiência com tinta termocrômica Fonte: Autor	90
Fig. 73: Reação observada da tinta termocrômica num copo de plástico (à esquerda) e num copo de vidro (à direita), após o seu enchimento com água quente. Fonte: Autor	90
Fig. 74: Experiência com tinta fotocrômica azul Fonte: Autor	91
Fig. 75: Experiência com tinta fotocrômica amarela Fonte: Autor	91
Fig. 76: Experiência com tinta hidrocrômica Fonte: Autor	92
Fig. 77 : Experiência com tinta hidrocrômica no copo de barro Fonte: Autor	92
Fig. 78 : Experiência com tinta que brilha no escuro Fonte: Autor	93

Fig.79: Tipo de pastas cerâmicas utilizadas Fonte: Autor	98
Fig.80: Efeito da tinta termocrômica nos oito tipos de material cerâmico Fonte: Autor	100
Fig.81: Efeito da tinta fotocrômica nos oito tipos de material cerâmico Fonte: Autor	100
Fig.82: Efeito da tinta fosforescente nos oito tipos de material cerâmico Fonte: Autor	101
Fig.83: Efeito das tintas fotocromicas e fosforescente em cerâmica com vidrado Matte (à esquerda) e vidrado brilhante (à direita). Fonte: Autor	101
Fig.84: Efeito da tinta hidrocrômica nos oito tipos de material cerâmico Fonte: Autor	102
Fig.85: Primeiras experiências num objeto num vaso em barro com terra Fonte: Autor	103
Fig.86: Vaso com efeito hidrocrômico Fonte: autor	106
Fig.87: Vaso com efeito termocrômico Fonte: autor	107
Fig.88: Vaso com efeito fotocrômico Fonte: autor	108
Fig.89: Vaso com efeito fosforescente Fonte: autor	108
Fig.90: Conjunto dos 4 vasos com propriedades cromáticas Fonte: autor	110
Fig. 91: Recolha de dados relativos à concentração de CO <sub>2</sub> através de um Sensor MG135 ligado a uma placa de Arduino Nano e ao computador Fonte: Autor	116
Fig.92: Vaso cO <sub>2</sub> -- Primeiro projeto Fonte: autor	127
Fig. 92: Recolha de dados pela aplicação Blynk Fonte: Autor	131
Fig. 94: Vaso que mede a concentração de cO <sub>2</sub> Fonte: Autor	132

# NOMENCLATURA

## ABREVIATURAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning
BASO <sub>4</sub>	Mineral bário
CCDR LVT	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COVs	Componentes Orgânicos Voláteis
DSC	Dye Solar Cells
EAP	Polímeros electroactivos
EL	Eletroluminescentes
EM	Expansion materials
EPA	United States Environmental Protection Agency
HCHO	Formaldeído
LED	Diodo emissor de luz
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIOSH	The National Institute for Occupational Safety and Health
NOAA	Mauna Loa Observatory no Hawaii
NO <sub>x</sub>	Óxidos de azoto
O <sub>3</sub>	Ozono
OLED	Organic light-emitting diodes
OMS	Organização Mundial de Saúde
OSHA	Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho
PdCl <sub>2</sub>	Cloreto de paládio
PM <sub>x</sub>	Partículas Suspensas no Ar
QAI	Índice de Qualidade do ar
RCCTE	Reglamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Reglamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SM	Smart Material
TB	Thermobimetal
STEL	Short Term Exposure Level
TEM	Thermal expansion materials
TWA	Threshold Weighted Average
WWF	World Wide fund for Nature

## I - INTRODUÇÃO

Introdução	1
Objectivo	3
Enquadramento do tema	4
Estrutura da tese	5
	6

## II - INVESTIGAÇÃO E ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Nota introdutória	9
	10

### DESIGN

1.1 Design de produto	11
1.2 Evolução	11
1.3 Design e a sustentabilidade	14
1.4 Evolucionismo tecnológico	15

### NATUREZA

1.1 Sistemas inteligentes e design de interação	18
Casos de estudo	20
1.2 Plantas - objeto de arte	22
Casos de estudo	23

### MATERIAIS

Nota introdutória	27
	28
1.1 A evolução dos materiais	29
1.2 O uso de materiais e a preocupação ambiental	30
1.3 Escolha do material no processo de design	31
1.4 Estética e a superfície dos materiais	32
2. Materiais inteligentes   smart materials	33
2.1 O que são?	34
2.2 Tipos e características	34
2.3 Aplicações	36
2.4 Aplicação no design	36
Casos de estudo	37
3. Materiais que mudam de cor	39
3.1 Materiais cromoativos   chromic materials	39
3.2. O que são?	39

	<b>PÁGINAS</b>
3.3 Tipos e características	40
4. Materiais termocrômicos   thermochromic materials	40
4.1 O que são?	40
4.2 Cristais líquidos	41
4.3 Aplicações	41
Casos de estudo   termocrômicos	42
5. Materiais fotocromáticos   photochromic materials	44
5.1 O que são?	44
5.2 Aplicações	45
Casos de estudo   fotocromáticos	45
6. Materiais eletrocromáticos   electrochromic materials	47
6.1 O que são?	47
6.2 Materiais eletroóticos	47
Casos de estudo	48
7. Solvatocromáticos   solvatochromic materials	48
7.1 Materiais hidrocromático   hydrchromics materials	49
7.1.1 O que são?	49
7.1.2 Aplicações	49
Casos de estudo   hidrocromáticos	50
8. Materiais mecacrômicos ou piezocrômicos   mechanochromic or piezochromic materials	51
8.1 O que são?	51
8.2 Aplicações	51
Casos de estudo   piezocrômicos	52
9. Materiais gascromáticos   gaschromics materials	53
10. Materiais Quimicocrômicos   chemochromic Materials	53
11. Materiais biocrômicos   biochromic materials	53
12. Luminescência e materiais fotoativos	54
12.1 O que é?	54
12.2 Materiais fotoativos	54
12.2.1 Fluorescentes	54
12.2.2 Fosforescentes	55
12.2.2 Eletroluminescentes	55
12.3 Aplicações	55
Casos de estudo   luminescência	56
13. Tintas oticamente ativas e variáveis	58
13.1 O que são?	58
13.2 Aplicações	58
14. Aplicação de materiais cromoativos no design	59
14.1 Aplicação de materiais inteligentes no têxtil   têxteis inteligentes	60
Casos de estudo   têxteis inteligentes	61

<b>QUALIDADE DO AR EXTERIOR</b>	<b>65</b>
1 Poluição atmosférica	66
2. Índice de qualidade do ar – qai	69
3. Co2 – preocupação ambiental	70
4. Qualidade do ar interior	71
4.1. Principais poluentes no interior dos edifícios	72
4.1.1 Vocs - compostos orgânicos voláteis	72
4.1.2 Formaldeído	72
4.1.3 Pmx - partículas suspensas no ar	73
4.2. Contribuição da actividade humana para poluição do ar interior	74
4.3. Co2 como indicador de qualidade de ar interior	74
5. O papel das plantas na purificação do ar	75
Casos de estudo	77

### III - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO 81

Introdução	82
Objetivo geral	85
Estrutura do capítulo	

<b>PROJETO 1 - COR</b>	<b>87</b>
1. Objetivo específico	88
2. Análise do comportamento das tintas cromoativas	89
2.1 Experiência - efeito termocrómico	90
2.2 Experiência - efeito fotocromico	91
2.3 Experiência - efeito hidrocrómico	92
2.4 Experiência - efeito fosforescente	93
2.5 Tabela de resultados	94
2.6 Considerações finais	96
3. Efeito das tintas em material cerâmico   experiência 2	97
3.1 A cerâmica	97
3.2 Testes	98
3.3. Análise do comportamento das tintas cromoativas em material cerâmico	99
3.3.1. Efeito termocrómico	100
3.3.2 Efeito fotocromico	100
3.3.3 Efeito fosforescente	101
3.3.4 Efeito das tintas em cerâmica vidrada	101
3.3.4 Efeito hidrocrómico	102
3.4 Conclusão - efeito hidrocrómico	102

	<b>PÁGINAS</b>
4. Produto final   cor	104
4.1 Forma e materiais	104
4.1.1 Vaso hidrocrómico	105
4.1.2 Vaso termocrómico	106
4.1.3 Vaso fotocrómico	107
4.1.4 Vaso fosforescente	108
5. Trabalho futuro	110

<b>PROJETO 2 - CO2</b>	113
1. Objetivo específico	114
2. Recolha e análise dos níveis de concentração de co2 em espaços interiores	115
2.1 Conclusões gerais	123
3. Desenho e detalhe	124
4. Produto final   co2	125
Projeto 1	125
4.1 Forma e materiais	125
4.2 Sistema eletrónico	126
5. Produto final   co2	128
Projeto 2	129
5.1. Sistema eletrónico	129
5.2. Forma e materiais	132
6. Trabalho futuro	133

<b>IV - CONCLUSÃO</b>	135
Conclusão	136
Considerações finais	137
Considerações pessoais	138
Referências bibliográficas	140
Anexos	144





# INTRODUÇÃO

*“Eles não sabem, nem sonham... que o sonho comanda a vida... que sempre que o homem sonha o mundo pula e avança”*

*António Gedeão, in “Movimento Perpétuo”*



# 1. INTRODUÇÃO

No contexto da investigação para obtenção de grau de Mestre em Design de Produto foi desenvolvida uma pesquisa técnico-científica sobre métodos de concepção e técnicas para atribuir novas qualidades aos objetos do nosso dia-a-dia.

A evolução dos materiais ocorre desde a antiguidade, e com o avanço da ciência e da tecnologia, a cada dia novos materiais vão sendo desenvolvidos e introduzidos na indústria, para dar resposta às necessidades e constantes exigências da sociedade.

Hoje em dia, entramos num ritmo crescente do processo da inovação a nível do desenvolvimento tecnológico dos materiais, e por isso são já ilimitadas as suas possibilidades de utilização e combinação para obter diferentes propriedades e desempenhos.

É graças aos novos materiais e à procura de produtos com valor agregado que surgiram os materiais inteligentes, que vieram abrir novas formas de comunicar, conectar e automatizar o quotidiano, representando uma nova projeção e qualidade estética e sensorial, permitindo a inovação em diversas áreas dos design.

O desafio que aqui se coloca, é criar uma plataforma de interface entre o design e outras áreas das artes, ciências naturais e tecnologias, e entender de que forma a utilização dos novos materiais pode atuar positivamente sobre a vida do ser humano, promover uma relação mais equilibrada com a natureza e abrir novas possibilidades de comunicação entre um objeto e o utilizador.

Deste modo, será iniciado um projeto interdisciplinar entre design e ciência, tecnologia e natureza, que vai de encontro à seguinte questão:

***De que forma, os novos materiais e sistemas inteligentes, podem relacionar-se com o design, para contribuírem para produtos com valor acrescentado?***

***Numa sociedade onde deveria existir a constante preocupação ambiental, será que o Design pode ser utilizado como meio intermediário à resolução de alguns dos problemas do nosso quotidiano e do ambiente?***

Para responder à questão, será desenvolvida uma pesquisa sobre materiais inteligentes, com capacidade para mudar de cor em resposta a estímulos externos, e sistemas inteligentes, que nos alertam acerca da qualidade do ar que respiramos, relacionando-os com os conceitos de sustentabilidade, preocupação ambiental, inovação e interatividade, a fim de perceber, até que ponto esta ligação pode elevar o design a um nível superior.

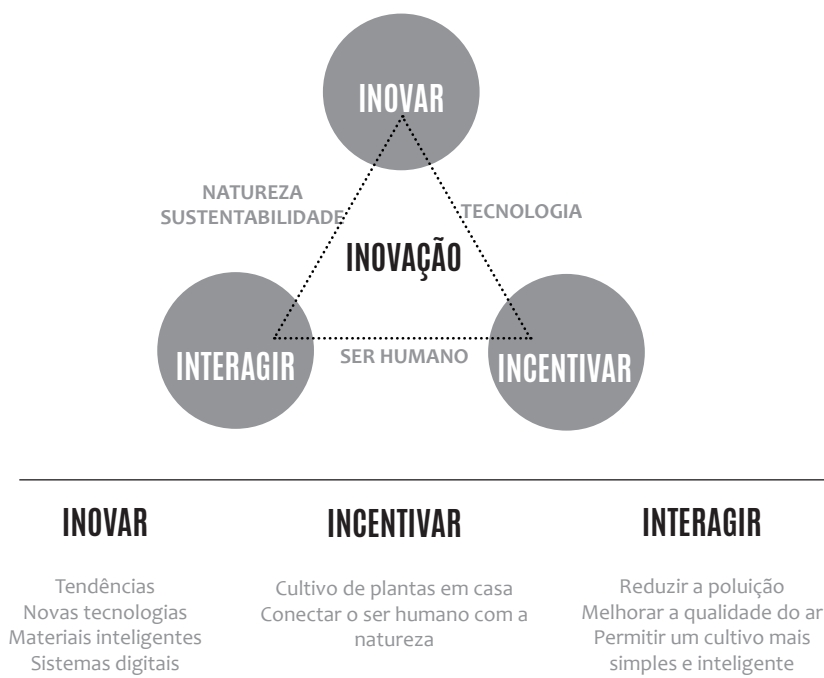
# 1.1. OBJECTIVO

Esta tese tem como objetivo criar uma base de informação sólida e organizada, abordando a relação do desenvolvimento de produtos com o emprego de novos materiais e tecnologias, de forma a explorar diversos conceitos, experiências e ideias que se afiguram importantes a área do design de produto. O projeto sustenta e aplica os conhecimentos e conceitos investigados partindo das ideias chave - Inovar, Interagir e Incentivar.

Pretende também ter conteúdos que possam despertar interesse e dar contributos para outras investigações e projetos, de modo a incentivar a criatividade e lançar estratégias para estimular os designers na escolha e aplicação destes materiais ou afins para o desenvolvimento de produtos mais inovadores que venham a beneficiar a área do design de produto.

Pretende-se que o produto final seja de carácter interativo e que contribua para o bem-estar social, combinando de forma sustentável a natureza, com materiais e sistemas inteligentes. As características do objeto devem ir além do funcional, estético e de exploração comercial, ser lúdico e despoletar surpresa, entretenimento e movimento, o que só é possível se o designer voltar a interessar-se pela ideia do fazer, e pela ideia de laboratório enquanto experiência, numa dimensão mais ampla e mais utópica.

O esquema 1 representa o mapa mental com as várias ideias que permitiram dar início ao projeto.



Esquema 1: Mapa mental que mostra as ideias fulcrais que deram início ao projeto

## 1.2. ENQUADRAMENTO DO TEMA

O design evolui segundo as necessidades do homem, e desde sempre a natureza fez parte deste processo, oferecendo ao ser humano inúmeras soluções para as suas exigências.

A natureza é um elemento de extrema importância e um modelo exemplar no projeto em design, seja a nível estrutural, formal ou funcional, e deve ser vista como um ponto de partida para a solução de muitos problemas ambientais, com que infelizmente nos deparamos e que tem vindo a aumentar com os anos.

É por ter uma ligação tão profunda e tão longa com o design de produto, mas ao mesmo tempo uma relação difusa, que será pertinente uma abordagem e envolvimento de plantas num projeto de design e assim entender como a capacidade destas poderá vir a contribuir para uma legibilidade única de qualidade emocional e ecológica que sustente este projeto.

Tendo a natureza, como base de estudo, e refletindo sobre os conceitos: Incentivar, Inovar e Interagir, colocou-se-me a questão:

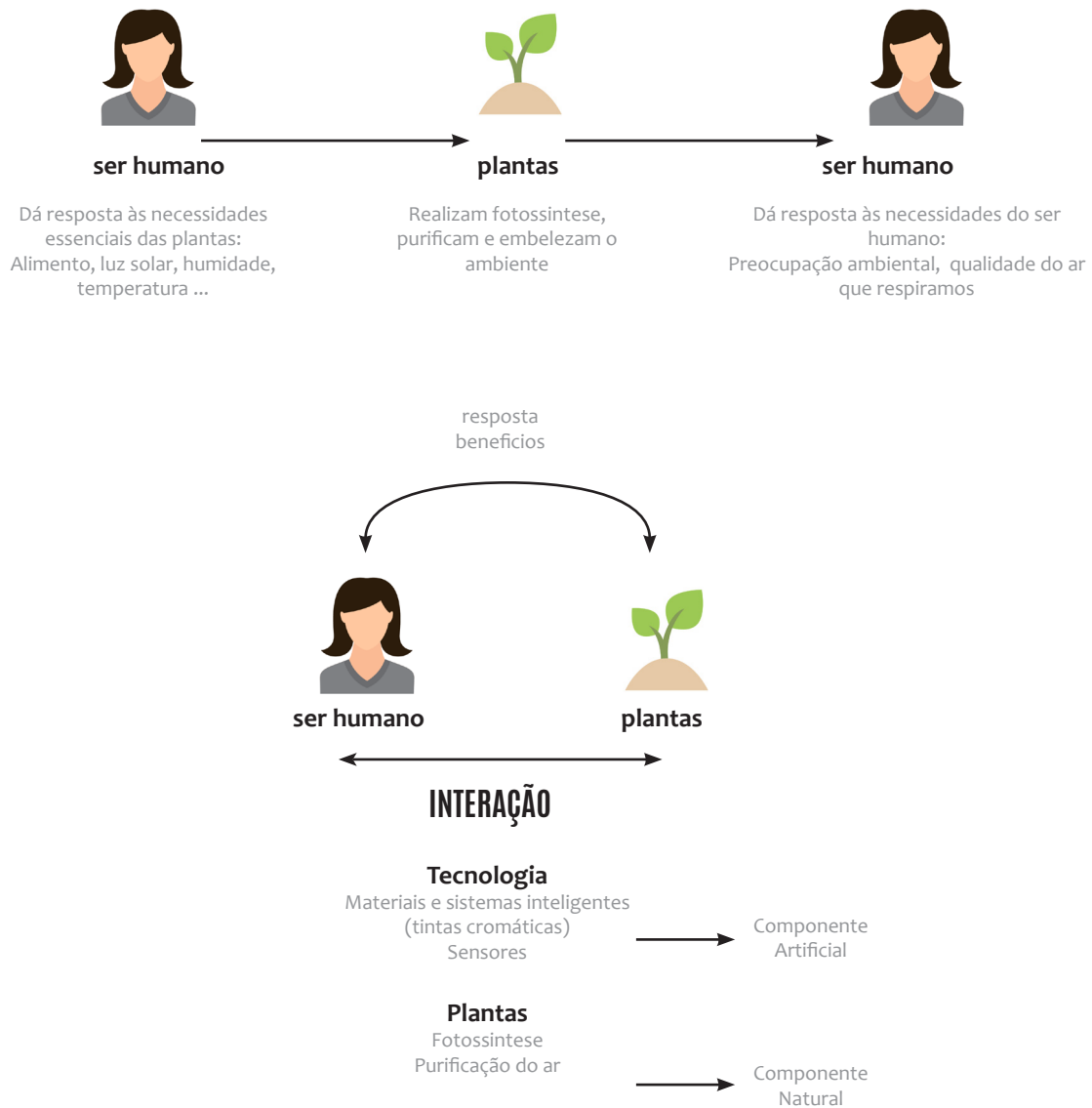
*Como vamos conseguir interagir com as plantas? E que novas relações podem surgir?*

*Como conseguir criar uma forma de interação entre a pessoa e a planta para além da convencional, e que novas relações podem surgir?*

A Natureza e o homem devem ser vistos como o modelo e entidade a preservar. Ao longo do estudo serão caracterizados alguns comportamentos do ser humano e da natureza para estabelecer analogias que permitirão explorar novas fronteiras do design e comportamentos do produto, de modo a partilhar uma relação útil e emocional com o utilizador.

O esquema 2 permite perceber a ligação entre as plantas, o ser humano e as tecnologias, que irão ser abordadas ao longo desta investigação, de forma a desenvolver um design inteligente centrado no utilizador e adaptado às novas tendências e tecnologias.

## PLANTAS INTERATIVAS



Esquema 2: Conceito utilizado ao longo da investigação

## 1.3. ESTRUTURA DA TESE

A dissertação está dividida em quatro capítulos, em que o capítulo I corresponde à introdução e enquadramento do tema, o capítulo II e III ao desenvolvimento, e o último capítulo às conclusões e recomendações apresentadas, (tabela 1).

### CAPÍTULO I

A dissertação é composta por um primeiro capítulo introdutório onde se define o objetivo do estudo e apresentam-se as linhas condutoras da investigação.

### CAPÍTULO II

No segundo capítulo, “Investigação e enquadramento teórico”, é feita uma análise e contextualização dos temas a abordar, nomeadamente – o design, natureza, materiais inteligentes e a qualidade e poluição do ar, procurando entender a relação que podem ter com o Design de Produto.

Cada tema, é acompanhado do estado da arte, que é um elemento fulcral à investigação, que permite uma melhor compreensão do desempenho e as implicações que os produtos apresentam para os utilizadores, num quadro cultural, social, e económico, tendo em vista as tendências da sociedade atual e o papel que o design tem tido ao longo dos tempos, como resposta aos vários problemas.

### CAPÍTULO III

O terceiro capítulo surge após a análise, efetuada no capítulo anterior, e permite definir o conceito que dará origem à experimentação e ao desenvolvimento do projeto de carácter prático. São apresentados todos as etapas e testes necessários até chegar à solução final.

### CAPÍTULO IV

O último capítulo surge após a validação dos resultados do projeto onde se apresentam as conclusões finais e considerações levadas a cabo ao longo de toda a investigação.

Capítulo I - Introdução	Definição do Problema Conceptualização
Capítulo II - Investigação e enquadramento teórico	Coleta e análise de dados Aquisição de conhecimentos
	Design e Natureza Materiais e Tecnologias Criatividade e Design - Casos de estudo
Capítulo III - Desenvolvimento de Projeto	Idealização e experimentação Modelo e desenho de construção Objeto final e Verificação
Capítulo IV - Conclusão	Considerações Bibliografia utilizada

Tabela 1: Estrutura e conteúdos da tese





**CAP. II**

# **INVESTIGAÇÃO E ENQUADRAMENTO TEÓRICO**

**Design  
Natureza  
Materiais inteligentes  
Qualidade do ar**

# NOTA INTRODUTÓRIA

O seguinte capítulo aborda, em primeiro lugar a temática do Design de Produto e a sua relação com a Natureza e a Tecnologia. Em segundo lugar, os materiais inteligentes e as suas aplicações no design. E, por último, investiga acerca da problemática da qualidade do ar que respiramos.

Os diferentes temas tem por objetivo contribuir para o projeto final.

O estado da arte mostra métodos e resultados, que são úteis para compreender a verdadeira natureza funcional e expressiva dos materiais . Ao longo da Investigação serão apresentados vários casos de estudo, escolhidos com base nas dimensões qualitativas que os novos materiais e tecnologias, demonstrando o papel que estes podem desempenhar e a sua contribuição para as diferentes áreas do design.

O conjunto destes casos de estudo demonstram oportunidades que aparecem em projetos com novos cenários em objetos, ambientes, relações e sistemas interativos, dentro do contexto do design sustentável e centrado no ser humano. A variedade de casos em vários campos de projeto tem a intenção de promover uma melhor compreensão de oportunidades oferecidas pelas tecnologias aos designers.

Deve ser notado, que a terminologia utilizada nesta dissertação, não é comum em todas as disciplinas científicas, pois dependendo do campo de estudo, existem muitos termos com significados semelhantes. Pretende-se utilizar a classificação comum e aceite pelas ciências dos materiais e relevante para os campos da engenharia, arte e design.

# 1. DESIGN

## 1.1 DESIGN DE PRODUTO

A palavra Design provém do inglês, que significa conceber, projetar, desenhar.

Desde a pré história que o homem concebe produtos, mas no entanto só nos finais do século XIX e inícios do século XX, é que o design se assume como uma metodologia projetual.

A definição adotada para o design de produto, utilizada pelo International Council of Societies of Industrial Design - ICSID, foi citada por Tomas Maldonado em 1969 como uma atividade criativa que consiste na determinação das propriedades formais dos objetos que escolhemos para produzir industrialmente. Por propriedades formais entende-se não só as características exteriores, mas, sobretudo, as relações estruturais e funcionais que dão coerência a um objeto tanto do ponto de vista do produtor quanto do utilizador.

Ao longo da evolução do design foram assumidos vários conceitos, de forma a adaptar o desenvolvimento às mudanças e exigências da sociedade.

O desenvolvimento da manufactura ao longo da história levou a novas formas e processos no design, que podemos ver como uma evolução a partir do design artesanal, passando para um design funcional, design manufacturado, industrial e pós-industrial. (Fiell, 2005 )

Atualmente, o design de produto é já uma combinação entre a arte e a ciência aplicada, e transformou-se num instrumento de facilitação da interação humana com o meio, segundo a qual, a estética, ergonomia e usabilidade é melhorada para a comercialização de produtos. O conceito, a forma, cor e a embalagem são características físicas do produto, que são decisivos para a sua aceitação no mercado.

## 1.2 EVOLUÇÃO

A história do design funde-se com a própria história da humanidade. Desde a pré-história que o homem, de forma inconsciente, se apropriou dos materiais disponíveis na natureza para encontrar meios para a sua sobrevivência, através da construção de artifícios, edificações e imagens que ajudaram na estruturação de linguagens e códigos pelos quais nos expressamos hoje em dia.

É nestes instrumentos, e na forma de adaptação ao mundo exterior, desenvolvendo processos para materializar os pensamentos do homem, que encontramos as origens do design.

Nestes objetos primórdios, podemos encontramos várias características que associamos hoje em dia ao Design, como a metodologia operativa, preocupações ergonómicas, domínio, conhecimento dos materiais e uma relação entre a forma e a função do produto.

Ao longo dos tempos, a relação entre o ser humano, o meio e os seus objetos começou a mudar, e outros aspectos foram incorporados para assumir diferentes representações do contexto social.

No século XVII, a máquina surge na imaginação do homem, como um instrumento de otimização no seu relacionamento, e veio marcar o início de uma nova sociedade, então designada de capitalista e de consumo. (Maldonado, 2009)

Surge a Revolução Industrial que veio marcar uma mudança da abordagem projetual na concepção de produtos, surgindo a emergência de uma nova idealização do belo, em que a forma adquire maior importância que a função.

O surgimento da máquina nos processos de produção acelerou a criação de novos sistemas de produção, como a estandardização, dando-se a passagem da fase artesanal para a industrial, e, o design desenvolvendo-se como o protagonista da sociedade industrial para atender às necessidades relacionadas com os aspectos formais e materiais dos objetos.

A segunda metade do século XIX ficou marcada por uma posição crítica de escritores e filósofos, face à sociedade e à industrialização, que propunha a rejeição da máquina e o regresso às origens tradicionais da arte. John Ruskin foi um dos primeiros a criticar a arte e a sociedade inglesa da época, defendendo a excelência da tradição em oposição à produção industrial, e os seus ideais, levaram a que mais tarde, em 1851, William Morris viesse a fundar o movimento Arts & Crafts (1834-1896).

O movimento Arts & Crafts, rejeitava os processos industriais e os materiais nele implicados e propunha a recuperação dos valores tradicionais de cada país, o uso de materiais naturais e o fabrico de peças originais e únicas, com o objetivo de criar uma arte para todos. Este movimento pode ser considerado o primeiro movimento precursor do design como o entendemos hoje. (Fiell, 2005)

No período de 1890 a 1914, a Europa ficou conhecida como a Belle Époque, marcada pelo espírito progressista que surgiu a nível intelectual e artístico, e pelas diversas inovações tecnológicas que marcaram a sociedade da época, e que originaram novos estilos de vida e novas expressões que se identificassem com o espírito da época.

Morris foi um pioneiro do design moderno, e ofereceu um novo vocabulário à arte que influenciou os movimentos artísticos que se antecederam o início do século XX. (Noblet, 1996)

Neste contexto e após o Arts & Crafts iniciado na Inglaterra, começam a surgir outros movimentos artísticos por toda a Europa, como o Art Nouveau em França, Jugendstil na Alemanha, Modernisme em Espanha e Style Liberty na Itália, que apresentam diferentes denominações, mas mantêm o mesmo espírito progressista, defendendo a adoção de uma nova estética. O período da Art Nouveau foi fortemente influenciado pelas formas naturais da natureza e da figura feminina, predominando um interesse pelas curvas e formas orgânicas. Durante este período eram utilizados novos materiais, como o ferro e o vidro e novas técnicas de produção que permitiram maior liberdade de criação. A adoção de um novo vocabulário de formas naturais, foi visto como uma rejeição do historicismo adotado durante o século XIX. (Zurich e Sachs, 2007)

Mais tarde estes movimentos foram ultrapassados pelos movimentos Avant-garde que reuniam a arte e a indústria, como o Deutscher Werkbund na Alemanha, em 1907, onde as formas ornamentais deram lugar às formas geométricas simples, para facilitar o processo de produção, e é nessa época que a Alemanha surge como líder do mundo industrial e se inicia a Primeira Guerra Mundial. A guerra deixou o continente Europeu completamente devastado, contribuindo para o desaparecimento dos movimentos artísticos, e para o aparecimento de novas correntes artísticas racionais e funcionais que procuram responder às necessidades de uma sociedade mais pragmática. (Jocelyn, 1996)

Durante o século XX, integrado na Revolução Industrial e as exigências da produção em grandes quantidades de objetos, o Design integrou-se em diversos estágios do desenvolvimento do produto, introduzindo inovações e envolvendo questões relacionadas com o ambiente social, económico e cultural. O design passou a assumir-se como uma ciência com os seus próprios conhecimentos, métodos e técnicas e uma ferramenta de ajuda na resolução dos mais diversos problemas. O aspecto decorativo dos produtos deu lugar a um racionalismo funcional, que defendia a máxima de Louis Sullivan “a forma segue a função” entrando na era do Design Funcional.

Nesta altura o design moderno passou a concentrar-se na busca de uma linguagem formal plástica ou mutável que testemunhou uma sucessão de ismos – suprematismo, dadismo, surrealismo, expressionismo, futurismo, construtivismo russo, De Stijl – que fundiram inevitavelmente a noção de vanguarda como sinónimo da própria inovação formal.

Entre os movimentos do pós guerra, encontra-se a Bauhaus (1920-1933) na Alemanha que contribuiu para a difusão do design, alinhando a arte à técnica, ao marketing e também às novas tecnologias, consoante as exigências económicas e o contexto social. A escola tinha o intuito de transformar o artesão num produtor industrial e foi a principal influência do design modernista, influenciando o modo como desenhamos produtos, até aos dias de hoje. É nesta altura também, que o Design de comunicação ganha maturidade.

Após a Segunda Guerra Mundial, houve uma grande necessidade de inovar os produtos de modo a recuperar o país financeiramente. A produção em massa foi vista como um instrumento adequado para a standardização e racionalização da produção e o funcionalismo viveu o seu período de florescimento.

A Escola Superior da Forma de Ulm, sucessora da Bauhaus, foi criada em 1952, e foi a mais importante iniciativa que ocorreu após a segunda guerra mundial, influenciando a teoria, prática e o ensino do design, incluindo novas disciplinas essenciais para o design como a ergonomia, a história da cultura e a semiótica; fotografia, tipografia, embalagem, considerados fundamentais para o projeto de design. Em 1968, a escola fechou por defender uma ideologia e um funcionalismo extremo.

Na década de 50 a 60, o design Pós-guerra, traduz-se por maior liberdade de criação e experimentação de novos tipos de materiais que surgiram, nomeadamente os plásticos. E este período ficou fortemente ligado pelos anos da Guerra Fria, que desencadearam a corrida espacial, e a ficção científica e outros, motivos espaciais passaram a ser vistos como modernidade. A publicidade ganha força e entramos numa sociedade descartável em função dos avanços tecnológicos.

Foi o início de uma nova cultura técnica e científica, com a integração do passado na aplicação de novas metodologias e desenvolvimento de sistemas de comunicação e representação. Todos os princípios implicavam conhecimentos ergonómicos, antropométricos, técnicos, sociais, estéticos, capazes de transformar a matéria num conjunto de significados e utilizações futuras.

A reformulação dos processos industriais após a Segunda Guerra mundial conduziu ao desenvolvimento de produtos mais completos, surgindo o *Styling* e o *Streamlining*, que tinham o intuito de renovar os produtos e torná-los mais atraentes para a venda ao consumidor, como oposição ao funcionalismo, e que foram responsáveis pela gradual introdução da figura do designer como consultor de empresas e à criação de gabinetes de design no seio de várias unidades fabris. (Zurich e Sachs, 2007)

Os avanços tecnológicos produziram muitas modificações, na década de 80 e 90, entramos na “era digital”, e os designers, engenheiros e arquitetos passaram a dispor de ferramentas como computadores e programas sofisticados de interface, como por exemplo Computer Aided Design – CAD, que permitiram aos designers trabalhar aspectos dos seus produtos, que até então eram desenhados à mão.

Na década de 1990, o design explorou uma dimensão mais performativa, com efeito nos utilizadores e com potencial para facilitar interações sociais. A inovação tornou-se uma das principais razões para que o Design se integre à estrutura produtiva como um elemento vantajoso, estratégico e competitivo.

Mais recentemente, apareceu o Design Thinking, como uma metodologia que redesenhou os serviços e a experiência profissional, baseada na ideia de que para além dos aspetos técnicos ou formais, o design serve para projetar objetos, espaços ou componentes de um serviço mais qualificados, funcionando como um meio estratégico fundamental para agregar valor e conferir identidade a produtos, serviços e empresas.

O design torna-se uma preocupação de todos que ambicionam o aumento da competitividade dos seus produtos, e é considerado um elemento responsável pelo sucesso da indústria. (Tscimmel, 2011)

Ao longo dos tempos, o design emergiu dos valores tradicionais para se relacionar com o bem estar e a qualidade de vida do indivíduo, desenvolvendo-se como um serviço responsável pela sociedade, ao invés de uma mera ferramenta de expressão e criatividade pessoal. (Bonsiepe, 1992)

### 1.3 DESIGN E A SUSTENTABILIDADE

*“The Stone Age did not end because humans ran out Of stones. It ended because it was time for a re-think about how we live” McDonough, 2005*

A sociedade do pós guerra ficou caracterizada como a geração “baby boom”, devido ao aumento significativo da taxa da natalidade, que foi um dos motivos impulsionadores da sociedade consumista.

Os anos 50 ficaram marcados pelo aparecimento de novos plásticos, particularmente do polipropileno em 1957, que permitiu novas práticas projetuais, redução de custos, maior durabilidade dos objetos e facilidade de fabrico. Devido a estas características, os plásticos substituíram vários componentes, como os metais, até então muito utilizados, e passaram a ser os protagonistas da época, ocorrendo a produção em massa de plásticos. (Fiell, 2005)

Os plásticos foram considerados o símbolo do Design moderno, mas em Maio de 68 surge uma nova geração crítica que reprovava as políticas e a sociedade consumista da época e consequentemente surgem os primeiros movimentos ecologistas, como a organização ativista da Greepeace, em 1971.

Em 1973 deu-se a crise petrolífera, com o aumento do petróleo em mais de 300%, que alertou a humanidade a procurar novas soluções. A crise veio travar o excessivo uso dos plásticos e deu início a uma mudança de paradigma.

As décadas de 70 e 80, foram consideradas as “décadas do ambiente” e marcaram o início de uma nova era de consciencialização ambiental a nível mundial.

Richard Buckminster Fuller foi um dos primeiros teóricos a abordar o problema da sustentabilidade da vida humana e das outras espécies que habitam o nosso planeta, utilizando a expressão “Earth Spaceship” (“planeta azul”). (Fiell, 2005)

O impacto ambiental, desde a industrialização, começou a ter efeitos no clima terrestre, provocando entre 1981 e 1994 grandes mudanças em todo o mundo. Para responder à degradação do ambiente e à crise energética surge o conceito do “Desenvolvimento Sustentável” que pretendia conciliar os requisitos económicos, sociais e ambientais da sociedade, obtendo um equilíbrio entre eles e que alertou a sociedade industrializada a tomar medidas rápidas e conscientes relativamente ao seu estilo de vida e à sua dependência dos recursos naturais.

Hoje em dia, vivemos numa era de mudança em que as pessoas se preocupam e têm maior consciência das repercussões dos seus atos diários, e isto também significa um outro comportamento do consumidor, que não está apenas preocupado com a função e a forma de um produto. (Zurich e Sachs, 2007)

Essa consciencialização provocou uma mudança do paradigma do Design que passou a ter em consideração aspectos como a reciclagem e o reaproveitamento de materiais na produção de objetos. O arquiteto e designer Victor Papanek foi um dos pioneiros a agir neste campo, alertando os designers e artistas a reformular os seus valores de trabalho, *“O Design é a ferramenta mais poderosa ao dispor do Homem, permitindo-lhe desenhar os seus produtos e o ambiente, e deve ser usado conscientemente, para que os seus atos não tenham consequências negativas no futuro. A estética é apenas uma pequena parte da responsabilidade ambiental do Designer”* Papanek, 2005.

O consumidor do século XXI é uma pessoa mais exigente e quer estar informado em relação ao produto que utiliza, qual o tipo de material, gastos de consumo, onde e como foi produzido e qual é a durabilidade do produto em termos de ciclo de vida. Por este motivo, o mercado evolui de forma a corresponder às novas exigências do consumidor, e hoje adota novas políticas e conceitos de sustentabilidade como o *“triple bottom line”* – Pessoas, planeta e lucro, e que é utilizado para medir os resultados de uma empresa a nível social, ambiental e económico. (Reis, 2010 )

## 1.4 EVOLUCIONISMO TECNOLÓGICO

O “evolucionismo” depende não somente da arte, da ciência e da tecnologia, mas também de factores psicológicos, intelectuais, culturais, socioeconómicos e lúdicos que exploram e contribuem para a evolução da ciência e da espécie. (Darwin, 1959)

Ao longo dos tempos, as necessidades humanas conduziram ao desenvolvimento tecnológico, e à procura de novas soluções que introduziram alterações no nosso quotidiano e que transformam o nosso modo de vida.

A escrita foi um importante marco tecnológico, que surgiu na pré história como meio de comunicação e de expressão dos povos, e que ao longo dos tempos se veio desenvolvendo, com a invenção da tipografia que possibilitou o registo escrito dos acontecimentos históricos de forma mais eficiente e, consequentemente, o aumento do conhecimento.

A roda, utilizada para a locomoção, na olaria e em moinhos de vento e de água, permitiu o armazenamento de alimentos e o desvio de cursos de água que por consequente trouxe a fixação de maior população em determinados locais.

Surgiu depois, o telégrafo e o rádio que possibilitaram a comunicação à distancia. E no século XIX, o desenvolvimento da produção de aço estimulou a revolução industrial e a produção em série, tal como o desenvolvimento do motor a vapor, de caminhos de ferro, do automóvel e mais tarde do avião, que permitiram o transporte de mercadorias e a mobilidade individual.

No século XX, a agricultura sofreu um grande impulso, com a escolha seletiva de sementes para as colheitas de alto rendimento, que fez aumentar o numero de população.

E a chegada do computador, na ultima metade do séc. XX, levou ao desenvolvimento de muitas ferramentas, como é exemplo, o microchip e o transístor, que precederam a tecnologia de software e programação, dando origem a inúmeros subprodutos de carácter tecnológico para utilização comercial e permitindo também, a automação, a robótica, telemetria e a tecnologia aeroespacial, que possibilitou a viagem à Lua, em 1969.

A continua evolução, sustentada pela inovação e transferência de tecnologia, produzem uma grande diversidade de soluções, como a Internet que inicialmente era o meio de comunicação nas forças armadas e centros de pesquisas dos EUA, e que só em 1990 ficou disponível ao publico, através do hypertext transfer protocolo (http), sendo atualmente o mais importante e utilizado meio de comunicação e de informação que disponibilizamos.

Os produtos e os equipamentos evoluem a um ritmo muito acelerado. O expoente máximo desta evolução são os produtos tecnológicos que incorporam processadores, circuitos integrados e microelectrónica.

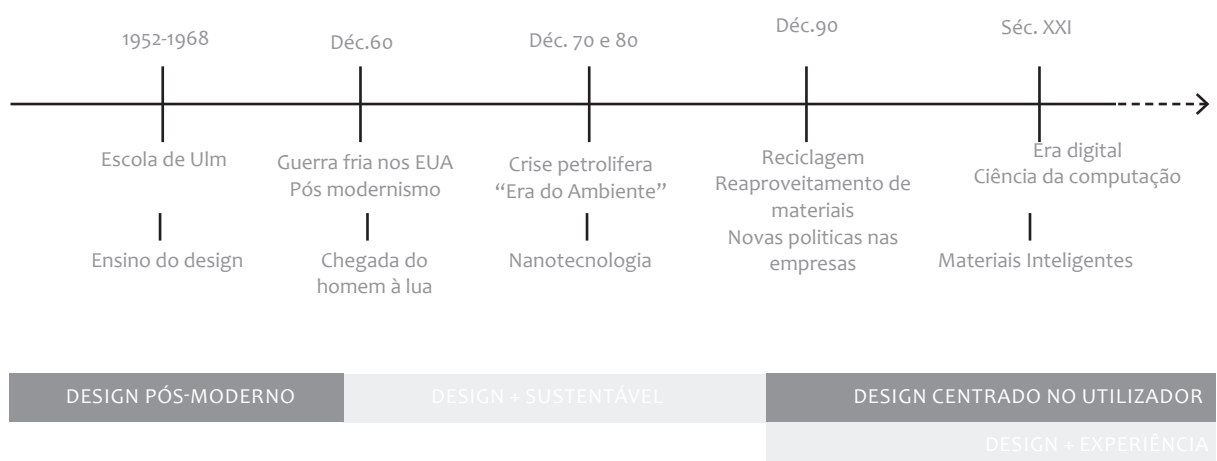
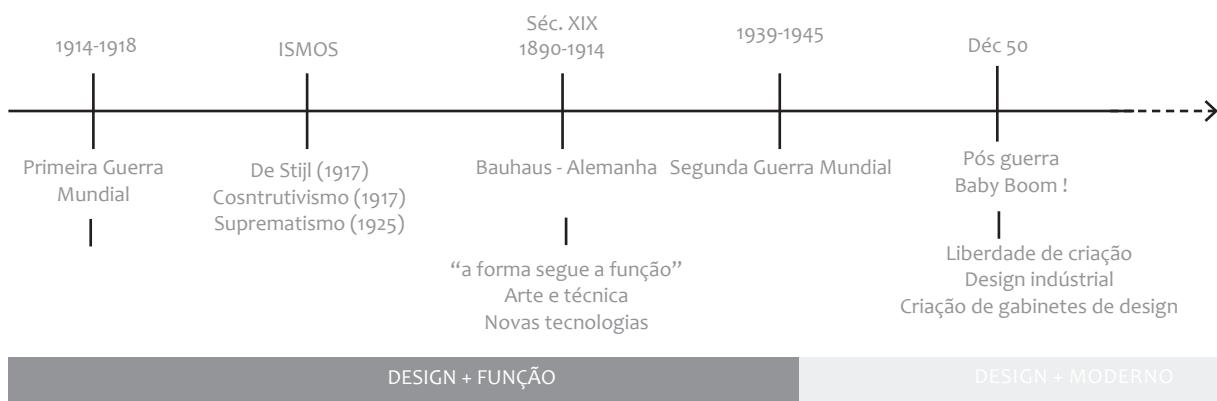
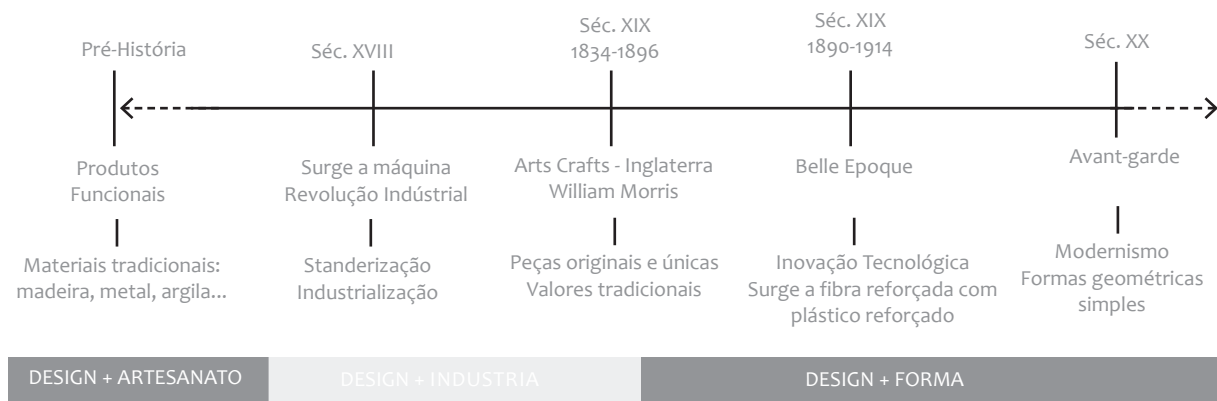
A relação entre o homem e a tecnologia, é um importante campo de ação onde o design pode apresentar se como um interlocutor decisivo. A constante evolução tecnológica, aliada à capacidade de criar e usar uma variedade de ferramentas, prova o raciocínio do ser humano e a sua necessidade constante de satisfazer as suas necessidades.

Os acontecimentos que alteram os comportamentos sociais, nas ultimas décadas, devem-se sobretudo à adoção e adaptação de tecnologia na relação homem/interface que introduziu novas relações cognitivas entre o utilizador e o objeto, alterando muitas vezes o paradigma do objeto.

A inovação é fomentada através do processo do design que nasce da associação entre tecnologia e as necessidade de um determinado grupo social, e são a consequência de pequenas e continuas alterações no nosso quotidiano, que melhoram a sua eficácia e eficiência, tanto no equipamento como ao ser humano e que podem ter influencias positivas noutras áreas do conhecimento.

O esquema 3 apresenta uma linha cronológica que relaciona a evolução dos materiais e do design com acontecimentos históricos.





Esquema 3: Linha cronológica de acontecimentos marcantes na história, relacionados com a evolução dos materiais e do design  
 Fonte: Autor

# 1. NATUREZA

*“A genialidade humana criou várias invenções, mas nunca descobrirá uma invenção mais bela, mais económica ou mais direta do que a natureza, pois nela nada falta e nada é supérfluo.” Leonardo Da Vinci*

O ser humano é por natureza comutável, e esta é a sua principal fonte de inspiração.

Desde o nosso desenvolvimento enquanto espécie, que o homem se tem apropriado da natureza para criar os primeiros objetos e ferramentas, como pedras, troncos e ossos de animais, e os adapta para sobreviver e suprir as suas necessidades.

Ir à natureza é ir à fonte! E o design também tem utilizado a inspiração da natureza para fazer, metaforicamente ou não, artefactos que remetem a elementos naturais e que talvez nos encantem, pois, de certo modo, as formas que nos remetem à natureza, remetem também à essência de nós mesmos, pois dela viemos e fazemos parte. O design ajuda-nos a perceber o nosso lugar na Natureza. (Munari, 1993)

*“A observação da natureza torna-se um factor fecundante da técnica e, ao mesmo tempo, a observação da técnica ajuda a compreender melhor a natureza.” Maldonado, 2009*

A sustentabilidade do planeta depende da interação do ser humano com as várias espécies e ecossistemas. E, a interferência humana na natureza, seja ela positiva ou negativa, esteve sempre presente, e o homem nunca foi capaz de controlá-la completamente.

A propagação das sociedades modernas tem contribuído para a degradação continuada e para a não sustentabilidade, existindo claramente a necessidade de encontrar um novo equilíbrio para o nosso modo de vida. O aquecimento global e os desastres naturais são exemplos de situações alarmantes, que podemos reduzir o impacto e que estão dependentes da forma como nós olhamos para a natureza e perceber como poderemos redesenhar as nossas ações.

O ser humano deveria continuar a aprender com a natureza invés de destruí-la, pois ela apresenta sistemas biológicos com forma e função realmente eficientes que poderiam ser utilizados para resolver muitos dos problemas enfrentados pela humanidade.

A inspiração na Natureza esteve sempre presente na relação que o homem desenvolveu com os artefactos ao longo do tempo, tem sido muito utilizada como modelo para a procura de soluções para muitos dos problemas que enfrentamos atualmente.

Até à pouco tempo a relação do homem com natureza dava-se apenas a nível formal, mas com o recente aparecimento de novas tecnologias e conceitos, como a Biónica e a Biomédica, foi possível investigar o funcionamento de diversos sistemas naturais de forma a contribuírem para o desenvolvimento de novos produtos, tanto a nível estrutural e funcional.

O estudo da natureza teve e continua a ter muitas implicações diferentes para o design e inovação. Como forma de sistemas de análise e o estabelecimento de modelos biológicos, Bertalanffy, a partir da abordagem científica da teoria geral dos sistemas, e apontou para a inovação biônico como um fator de a estratégia de design.

A Biônica é um processo projetual que sempre esteve presente na vida do homem. Desde a antiguidade, que os homens utilizam de forma inconsciente a aprendizagem que obtinham da natureza e da observação das diferentes técnicas animais, para o desenvolvimento das suas ferramentas, abrigos e objetos. (Bahamon, 2007).

Para Munari (1990) a Biônica “toma-se como ponto de partida de um fenómeno natural e a partir daí pode desenvolver-se numa solução projetual”.

Ao longo dos anos, vários autores inspiraram-se nas formas da natureza para solucionar certos problemas arquitectónicos ou de engenharia, como por exemplo no vigamento da Torre Eiffel calculado com base na estrutura superior do Fémur, ou nos projetos de Leonardo da Vinci, quando projetou o helicóptero inspirado na libelinhas, no século XV (figura 1).

Antoni Gaudí é um artista e inventor que, para além de fazer uso das formas orgânicas nas suas obras, procurava na Natureza um significado além do seu simbolismo superficial, desenvolvendo metodologias experimentais, como é exemplo o seu método catenário (figura 2), que lhe permitiu o estudo de formas a partir das forças gravitacionais. (Zerbst, 1985)

A criação de equipas interdisciplinares entre designers e biólogos, permitiu ao designer transpor fronteiras que estavam fora do seu alcance, surgindo uma nova metodologia de design – o Bio-design, que integra organismos vivos e processos biológicos de forma a melhorar o produto final. (Myers, 2002) Esta prática só se tornou possível, devido aos avanços da genética e biologia molecular e ao rápido desenvolvimento tecnológico, que trouxe novas ferramentas e reduziu os custos de ferramentas utilizadas na biotecnologia.

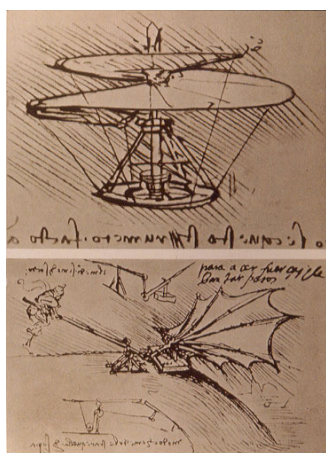


Fig. 1: Desenho do helicóptero de Leonardo DaVinci



Fig. 2: Método Catenário de Antoni Gaudi

Recentemente surgiu o Design Simbiótico, que une a tecnologia e os materiais mais recentes, com as preocupações ecológicas e sociais, no sentido de encontrar um equilíbrio entre o contributo distinto dos objetos, do ser humano e da natureza.

À natureza está associado tanto o valor de identidade preservadora do homem, como de identidade a preservar pelo homem. E, sendo o ser humano uma das espécies que faz parte do planeta Terra, e ao mesmo tempo responsável pelos sistemas tecnológicos que têm vindo a desequilibrar os ecossistemas naturais, compete-lhe a ele repensar e direccionar os seus pensamentos e as suas criações de modo a projetar produtos e soluções com o mínimo impacto no meio ambiente. (Parra, 2007)

Cada vez mais, a tecnologia se aproxima do corpo humano, permitindo ao homem usufruir de produtos que estão adaptados às suas necessidades.

A simbiose instala-se num produto quando o mundo biológico e tecnológico se juntam e originam sistemas multi-funcionais que alertam para a qualidade de vida do ser humano e que possuem valor ecológico acrescentado.

Segundo Papanek, as novas tecnologias devem ser vistas como algo positivo, onde podemos encontrar soluções úteis e não podem ser recebidas como algo susceptível de prejudicar o equilíbrio ecológico. As novas ferramentas possibilitaram aos designers desencadear uma nova era de inovações nas suas áreas projetuais e estas novas visões desencadearam novas soluções e estratégias que permitiram melhorar a vida das pessoas, validando no futuro um equilíbrio promissor com a natureza.

## 1.1 SISTEMAS INTELIGENTES E DESIGN DE INTERAÇÃO

*“And that’s why designers, more and more, are working on behaviors rather than on objects. Especially the good ones, not all of them.” Paola Antonelli, na conferencia do TedTalks 2007 - “Treat design as art”*

O conceito de interatividade surgiu na década de 1960, tomando forma por volta dos anos 80. A partir daí, com o desenvolvimento de novas tecnologias e da descoberta da ciência da computação, começaram a surgir diferentes experiências estéticas. (Couchot, 2003)

O design de interação cria experiências entre o utilizador e o objeto, possibilitando uma ampliação de como as pessoas se comunicam e interagem com o mundo (real ou virtual). “uma obra de arte interativa é um espaço latente e susceptível a todos os prolongamentos sonoros, visuais e textuais” (Plaza, 2000).

Normalmente sistemas inteligentes envolvem electrónica integrada, microprocessadores programados com software e sensores integrados no sistema que tem a função de detectar alterações num ambiente.

Um sistema é considerado inteligente devido à capacidade de responder a estímulos de uma maneira que os materiais usuais não conseguem. Se o mecanismo modifica o estado de energia do material, mas não o afeta, a reação consiste numa troca de energia de uma forma para a outra. O material permanece na mesma, mas a energia sofre uma mudança.

O nosso cérebro está preparado para reagir de imediato a ameaças, o que nos ajudou a sobreviver até aos dias de hoje. Porém, o nosso corpo não dispõe de nenhum sistema de sensores cerebrais automatizados, capazes de nos advertir sobre os impactos das nossas ações no mundo.

Apesar dos impactos do nosso estilo de vida se fazerem sentir em todas as partes do mundo, a nossa vida quotidiana está totalmente desconectada dos seus impactos no mundo. O nosso cérebro não está moldado para detectar ameaças menos palpáveis, que enfrentamos no contexto ecológico, como os perigos que surgem gradualmente, como o aquecimento global do planeta terra, a dispersão de partículas poluentes no ar que respiramos, (figura 3) e à grande destruição da fauna e flora do planeta. O iminente esgotamento do planeta devido aos excessos inconscientes e irresponsáveis da ação humana e a dificuldade em reconhecer este tipo de riscos, pode levar à nossa extinção enquanto espécie. Fase

a esta urgência, deveriam ser tomadas decisões em prol da promoção de ações ambientais corretivas e preventivas, e apreender sobre os efeitos da atividade humana sobre os ecossistemas no sentido de como causar menos danos, e viver de modo sustentável ou auto-sustentável.



Fig. 3: Poluição do ar na China

Além disso, atualmente assistimos a um crescente interesse pela dimensão emocional da experiência gerada na interação dos artefactos com o homem e das suas possíveis relações. Passam a ser introduzidos no projeto de design aspectos que vão para além da funcionalidade do próprio objecto, e que exploram novas formas de interação entre as pessoas os objetos, reunindo novas possibilidades expressivas, emocionais e comunicativos, que são essenciais para um relacionamento mais estreito entre o homem e o artefacto tecnológico. (Manzini, 1994)

Hoje em dia é possível falar em tecnologias emocionais, que podem transmitir carga emocional e servir como meio, sobre as nossas ações no meio ambiente, moldando-nos para sermos melhores seres humanos no futuro.

Segundo, Alex Rothera, aproxima-se um futuro em que tudo será interativo e responsivo, alterando a forma como tocamos, vemos e nos relacionamos com um objeto.

Atualmente a “internet of things” surgiu como uma revolução tecnológica, que permite que qualquer coisa esteja interligada e a comunicar entre si. Os objetos deixam de serem vistos como objetos estáticos, e passam a comunicar com outros objetos, pessoas, sons, luzes, entre outros, através da uma realidade digital.

Explorar novas formas de design pode tornar a tecnologia mais significativa e relevante para as nossas vidas, tanto no presente como em ações futuras, pois é importante pensar tanto nas aplicações da tecnologia, como nas suas implicações sociais, culturais e éticas.

As artes design de interação são um campo de estudo propício para o aprofundamento e experimentação de ações em prol de uma consciencialização da nossa própria sobrevivência.

Atualmente, estamos na era inteligente em que os produtos estão interligados, e utiliza o potencial da tecnologia como ferramenta facilitadora da consciência através da interatividade, poderá oferecer meios valiosos para solucionar ou suprimir a crise ambiental que enfrentamos.

# CASOS DE ESTUDO

**1.** O *Attenborough Design Group* é uma organização fictícia que investiga o comportamento de animais e insere-os em produtos do nosso dia a dia, de forma a que estes ganhem vida e se defendam das agressões do meio exterior. O grupo desenvolveu uma série de três produtos que exploram diferentes necessidades. O primeiro é o Rádio Gesundheit (figura 4) que “espirra” periodicamente de forma a expelir o pó que poderá vir a danificar os componentes do rádio. O segundo, um leitor de CD’s Floppy Legs (figura 5) que quando detecta o derrame de algum líquido ao seu redor, eleva-se como um animal de quatro patas, de forma a sair ileso. E, por último a Lâmpada AntiToush (figura 6) que escapa do ser humano, como mecanismo de defesa.

**2.** Dunne & Raby é o nome de um grupo de design que desenvolve projetos como forma de promover a discussão e o debate entre designers, indústria e o público, sobre as implicações sociais, culturais e éticas das tecnologias existentes e emergentes na sociedade.

O grupo criou uma série de robôs - *Technological Dreams Series*, (figura 7) que refletem sobre as novas dependências e relações que podem emergir na interação entre o homem e o objeto tecnológico.

Os autores acreditam que os robôs estão destinados a desempenhar um papel significativo nas nossas vidas diárias, não como super inteligentes ou máquinas funcionais que fazem tudo, mas sim como companheiros tecnológicos.



Fig. 4: Radio Gesundheit, ADG - Attenborough Design Group



Fig. 5: CD's Floppy Legs, ADG - Attenborough Design Group



Fig. 6: Lâmpada Antitouch, ADG - Attenborough Design Group



Fig. 7: NO.1, ROBOTS, 2007



## 1.2 PLANTAS - OBJETO DE ARTE

As plantas participam nas nossas vidas de inúmeras maneiras, fornecem-nos alimento, fibras, madeira e o papel, componentes medicinais, combustíveis, e mais importante, fornecem-nos o oxigénio que respiramos. Sendo o planeta e todos os seres humanos totalmente dependentes das plantas.

Para além das suas propriedades, as plantas são ainda um ser vivo atraente e estético, que possui um apelo sensorial, que levou o ser humano a apreciá-las e a cultivá-las em jardins e parques para tornar os espaços mais belos e harmoniosos. Em casas e apartamentos, também podemos encontrar o cultivo de plantas em vaso, como objeto equilíbrio da paisagem doméstica.

As plantas, além de atraentes, são seres naturalmente informativos, e exibem estímulos que a maioria das vezes são despercebidos pelos seres humanos. Por exemplo, as plantas apontam sempre para a principal fonte de luz e crescem na direção dela; um acúmulo de musgo num tronco de uma árvore indica a direção norte; e determinados tipos de musgos representam um maior aumento de presença de oxigénio na atmosfera. Estes exemplos mostram a ambição aliadas à simplicidade das plantas. (Holstius, 2004)

Recentemente, muitos artistas passaram a utilizar as plantas vivas em exposições interativas, intervenções e instalações de arte, uma vez que estes seres são extremamente sensíveis ao toque e capazes de serem manipulados com a luz, mudando a sua direção e forma de crescimento.

## CASOS DE ESTUDO

**1.** Aura é um projeto desenvolvido por Viktor Alexander Kolbig, que combina natureza com a tecnologia, numa coleção de objetos intitulada Interactive Light Objects (figura 8).

O produto utiliza plantas vivas hidropónicas como interface e uma base que transmite luz para o interior de um vaso transparente.

O sistema utiliza um sensor oculto e um micro controlador programado, que ao tocar nas pétalas e folhas da planta, vai permitir regular e alterar a cor dos LED RGB da base do vaso.

Este sistema simples tem como objetivo incentivar os utilizadores a interagir com a natureza para produzir diferentes cores e atmosferas.

**2.** Breathing Pot (figura 9) foi criado pelo designer Jae-Han Canção e é um vaso que se expande e contrai simulando a respiração do ser humano. O pote foi desenvolvido como forma de encontrar uma conexão emotiva análoga com as nossas plantas. Se o vaso deixa de respirar, é sinal de que a planta necessita de cuidados como água ou luz solar.



Fig. 8: Projeto 1. Aura, 2012

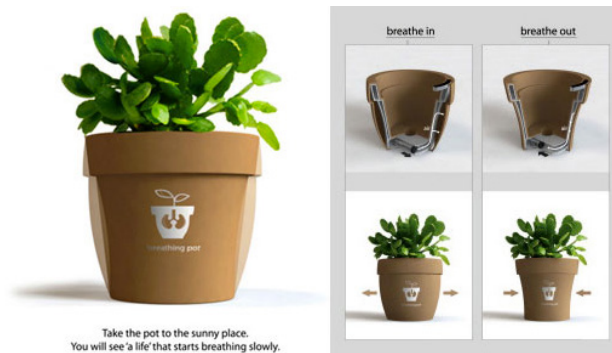


Fig. 9: Projeto 2. Breathing Pot

**3.** Os artistas Laurent Mignonneaux e Christa Sommerer desenvolveram uma instalação que combina as ciências naturais e a tecnologia (figura 10). O conceito parte da ideia da arte como sistema vivo, e tem como objetivo criar uma relação e interação entre entidades reais e virtuais, mais precisamente, entre plantas, o homem e uma tela.

Na instalação, os visitantes são estimulados a interagir com as plantas e utilizar os seus sentidos para descobrir novas formas de ver e de se relacionar com elas. Ao tocar na planta, ela vai provocar um impulso que vai gerar uma imagem 3-dimensional no monitor em tempo real. Através desta tecnologia interativa, os espectadores são capazes de controlar o tamanho, a posição e modificar a aparência das plantas.

**4.** Investigadores da Disney criaram uma tecnologia chamada Botanicus Interacturs (figura 11), que permite transformar plantas em interfaces sensíveis ao toque.

É colocado um fio na terra do vaso da planta, que vai emitir uma corrente elétrica que circular através da planta, sem lhe causar nenhum dano.

A corrente elétrica define o contorno da planta e este passa a ser reproduzido numa tela. Quando essa corrente elétrica sofrer perturbações como o toque de um dedo, essa alteração é traduzida como um estímulo de entrada na interface. Seguindo o mesmo princípio de funcionamento das telas sensíveis ao toque usadas atualmente em smartphones e tablets.

O projeto foi criado para atrações interativas em parques temáticos da Disney, mas existem outros estudos feitos, que transformam, por exemplo, a superfície da planta num calendário e agenda.

**5.** Ackroyd e Harvey, são dois britânicos, que decidiram combinar a arte com a biologia resultando num trabalho fascinante que envolveu diversas instalações arquitetónicas, esculturas e fotografias (figura 12 e 13). O projeto utilizou plantas de capim e o processo da fotossíntese como meio de expressão artística. A técnica passa por controlar a quantidade de luz que cada planta recebe durante o seu crescimento, e a partir da clorofila obter diferentes tons, do amarelo ao verde.

Neste trabalho as paisagens e os retratos “vivem”, crescem, envelhecem e morrem, refletindo a beleza natural do processo de envelhecimento de um ser. Além disso, as instalações relembram que todos nós partilhamos ciclos naturais semelhantes aos retratos de Ackroyd e Harvey, e que assim sendo o ambiente necessita da nossa proteção.





Fig.10: Interactive Plant Growing, 1992

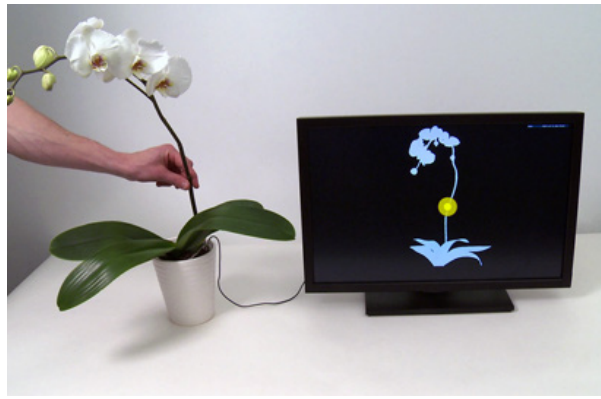


Fig.11: Botanicus Interacturs



Fig.12: Testament de Ackroyd e Harvey



Fig.13: Life on Life de Ackroyd e Harvey

**6.** John Cage foi um artista e compositor musical americano, pioneiro na música aleatória e eletroacústica pelo uso de instrumentos não convencionais. Num dos seus projetos “child of tree” de 1975, (figura 14) o compositor quis sentir a natureza orgânica da música sem instrumentos feitos pelo homem. Ele colocou microfones de contacto e um amplificador de som em diferentes catos a fim de descobrir as propriedades acústica das plantas, e passando a mão e uma pena sobre os o tecido e os picos de um cato ele descobriu um carater novo e interessante das plantas, como a sua capacidade de “falarem” ou produzirem um som parecido ao da água. Cage foi uma referencia na música e incentivou gerações de artista na área dos media a explorar a interatividade.

**7.** Plant Friend (figura 15) é um vaso de flores interativo em madeira, projetado para crianças, com o intuito de entender facilmente as necessidades das suas plantas e poder agir de forma consciente e divertida, de forma a compartilhar uma experiência lúdica e envolver as plantas na vida quotidiana. O Plant Friend utiliza sensores incorporados no interior vaso, que permitem mexer os “braços” coloridos com símbolos comunicativos colocados no exterior. Cada braço indica uma condição diferente da planta, como a luz, humidade, calor e desloca-se para cima ou para baixo, para comunicar com o utilizador.

Os valores obtidos são medidos através de um sensor fotoresistente, de um sensor de temperatura e de humidade, ligados a uma placa de arduino.



Fig. 14: Performance de John Cage - "Child of tree"



Fig. 15: Plant Friend

**8.** Um grupo de investigadores da Universidade Keio, no Japão, desenvolveu um vaso para plantas interativas capazes de sentir emoções e reagir a diferentes estados de espírito da pessoa que estiver mais próximo (figura 16).

Este efeito é conseguido através de fios transparentes atados às folhas e motores e microfones incorporados no interior do vaso que operam os movimentos. Os movimentos da planta surgem consoante o que ela “percebe” do mundo exterior devido a sensores de movimentos integrados.

**9.** Uma equipa de investigadores do Programa de Telecomunicações Interativas da Universidade de Nova York desenvolveram os kits BotaniCalls (figura 17), para nos avisarem sobre as necessidades das plantas. Os kits incluem sensores de humidade nos vasos, conectados ao telemóvel que nos alertam se as plantas precisam de mais água ou se o dono está a exagerar na dose. Os alertas são enviadas para o telemóvel por meio de mensagens pré-gravadas com vozes diferentes adequadas a cada tipo de planta, por exemplo o orégão cubano tem uma voz latina, enquanto que cactos, provenientes de ambientes inóspitos, tem um tom de voz sereno e prático.



Fig. 16: Interactive Plants, 2012

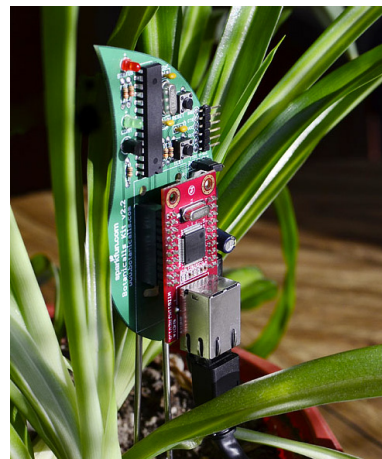


Fig. 17: Exemplo da aplicação do kits BotaniCalls

# MATERIAIS

*“Vivemos num mundo de materiais. São os materiais que dão substância a tudo o que vemos e tocamos. A nossa espécie- homo sapiens – é diferente das outras, pela habilidade de projetar e produzir “coisas” a partir de materiais, e pela capacidade de distinguir um objecto não apenas pela sua aparência.” Ashby, Johnson*

## NOTA INTRODUTÓRIA

Neste capítulo, será apresentada uma visão geral sobre a evolução dos materiais, tipos de materiais inteligentes e as suas características, funcionamento e possíveis aplicações, como inspiração base para a fase de exploração deste projeto.

Dentro dos materiais inteligentes, serão abordados em detalhe os materiais com mudança de cor, pois são o tipo de material mais relevante para este projeto.

Os materiais com mudança de cor subdividem-se em diversas categorias que são apresentadas juntamente com os seus comportamento em relação aos estímulos para os quais reagem, características, vantagens e alguns exemplos de aplicações.

Esta informação, irá ajudar a compreender como materiais que mudam de cor podem vir a ser aplicados em produtos e sistemas para satisfazer as necessidades e as tendências da sociedade atual.

O estado da arte do capítulo, apresentará projetos e casos de estudos no qual materiais inteligentes estão integrados, de modo a obter uma compreensão mais profunda acerca do seu funcionamento e mostrar como a natureza multi-facetada destes materiais pode ser colocada em uso nos dias de hoje.

# 1. MATERIAIS

## 1.1 A EVOLUÇÃO DOS MATERIAIS

Durante os primeiros milhões de anos da existência do homem, os materiais homogêneos, extraídos da natureza, como a madeira, pedras, ossos, chifres e peles de animais, entre outros, eram os únicos conhecidos e disponíveis, e atendiam de forma rudimentar a todas as necessidades do ser humano. Por meio deles, o homem foi capaz de materializar os seus artefactos e passou a produzir os primeiros utensílios domésticos, como facas e bastões, que eram sujeitos a pequenas transformações para melhorar o uso e desempenho mecânico.

Só muito depois, surgiram os metais e as ligas, que possibilitam a construção do arado, da carroça e embarcações à vela. (Beylerian e Dent, 2007)

O pensamento mecânico e a produção industrial foi um grande salto, com a chegada da Revolução Industrial, ocorreram profundas transformações no âmbito cultural, social e económico, que acelerou e multiplicou os materiais disponíveis para a produção de artefactos. O que despoletou um impulso para a criação de produtos devido à necessidade e ao planeamento da produção com base no desenvolvimento em série. Os materiais desta fase tornaram-se homogêneos e normalizados e a tecnologia tornou banal as linhas direitas e as superfícies planas que o artífice, no passado, se esforçava tanto por conseguir.

Mas, apesar da grande produção de materiais e transformação da matéria, ao longo de 9.000 anos de história, o conhecimento acerca dos materiais não teve grandes evoluções.

Só em meados do século XIX, com a descoberta do microscópio e da possibilidade de observação pormenorizada, começaram a ser feitos estudos acerca das propriedades dos materiais, processos de fabrico e transformação, dando origem primeiro à Ciência dos Materiais, e posteriormente à Engenharia de Materiais. (Hinte, 2005)

O século XX foi marcado por um período conturbado na história da humanidade, devido as depressões económicas do início do século, crises sociais, que levaram a duas grandes guerras mundiais, causadas também pela rápida evolução sócio-cultural que os séculos anteriores tinham proporcionado e para a qual a sociedade não estava preparada. Contudo, foi um período rico em movimentos e estilos artísticos e foi acima de tudo um período de crítica e auto reflexão, importante na concepção de novos termos científicos.

Foi também no século XX, que o primeiro departamento de ciência dos materiais foi institucionalizado e a partir daí, disciplinas como química, física e engenharia começaram a partilhar de informação e a avançar na investigação de novos materiais e combinação entre eles, de forma a obter diferentes propriedades e desempenhos, que oferecem soluções a problemas técnicos, económicos, estratégicos e ecológicos que antes não existiam.

Hoje, dispomos de aproximadamente 50.000 materiais que compõem a era industrial moderna, classificados em três grandes grupos: metais, cerâmicas, polímeros e compósitos. A engenharia de materiais entra num novo mundo de inovações nunca antes possível, prevendo-se o aparecimento de uma nova geração de materiais que vão permitir novas respostas. Recentemente, os materiais inteligentes



foram identificados como o estímulo de uma nova era.

Os materiais são um dos grandes responsáveis pelo progresso da economia e em grande parte, ditam o padrão de vida em sociedade.

## 1.2 O USO DE MATERIAIS E A PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL

*“O design para a sustentabilidade pode ser reconhecido como uma espécie de design estratégico”*  
Manzini e Vezzoli, 2002

O termo sustentabilidade pode ser definido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras.

Enquanto que no passado, a sobrevivência da humanidade dependia da harmonia ecológica, atualmente vivemos num mundo dependente de auxílios artificiais.

O uso de novos materiais ocupam um lugar de destaque no contexto de uma manipulação mais sofisticada da matéria, permitindo alterar o modo como produzimos o ambiente artificial, assim como a maneira como se dá o seu encontro e desencontro com o meio ambiente. (Manzini, 1989)

Muitos materiais que usamos atualmente são derivados de fontes não renováveis, como os polímeros, cuja matéria prima é o petróleo e outros metais com reservas esgotáveis. Estas atitudes levam à indiferença em relação ao estado do mundo natural.

No entanto, nos últimos anos, temos assistido a uma crescente preocupação da sociedade por questões ligadas à proteção do meio ambiente, poupança dos recursos energéticos e procura de novos recursos alternativos não perturbadores dos ecossistemas.

As novas tecnologias disponíveis devem ser vistas como algo positivo onde podemos encontrar respostas úteis e não como algo suscetível de prejudicar o equilíbrio ambiental.

As inovações sustentáveis, estão de certa forma associados aos avanços tecnológicos e ao desenvolvimento de materiais mais sofisticados e especializados, a um custo acessível e dentro de uma política de preservação do meio ambiente, e visam a definição e implantação de uma política de desenvolvimento tecnológico sustentável.

Está ainda a ser construída, dois séculos depois, de William Morris ter colocado em questão a ideia de revolução industrial e progresso, uma cultura ecológica capaz de distinguir os termos do problema ambiental que se colocou na primeira fase da era industrial e, esperemos que hoje em dia, os termos desta questão e uma possível solução sejam mais rapidamente identificados.

### 1.3 ESCOLHA DO MATERIAL NO PROCESSO DE DESIGN

*“Materiais podem transformar o design, e o design, portanto, tem a força para transformar nossas vidas”*  
Beylerian e Dent, 2007

Os materiais desempenham um papel essencial no processo de concepção do produto, pois são o modo como construímos conexões entre o objeto criado e a experiência que ele proporciona. O modo como pensamos em materiais ou em materialidade, por sua vez, depende do contexto cultural, demográfico, estilo e tendências em que são inseridos. (Beylerian e Dent, 2007)

Desde as ferramentas em madeira e cerâmicas, até às mais sofisticadas plataformas tecnológicas, o design tem estimulado a criatividade, a pesquisa de materiais, técnicas e métodos de produção. O design é tanto um processo como um resultado, que traduz a cultura material e imaterial de diferentes grupos e estilos de vida, marcando assim a identidade própria.

A tecnologia dos materiais, é um importante campo de desenvolvimento da ciência e da tecnologia, e através dele surge a grande parte dos materiais utilizados pelo design de produto.

Com o avanço da ciência e da tecnologia, a cada dia surgem novos materiais com características específicas que podem tornar-se parte de outros para atingir novos níveis de complexidade e valores estéticos-emocionais, tornando ilimitadas as possibilidades dos materiais e as suas combinações, como por exemplo, superfícies reativas e expressivas, capazes de falar por si próprios.

Estes novos materiais permitem uma melhoria na função prática do produto e conduzem a progressos no design, que podem originar novos comportamentos, novas experiências e novas oportunidades para o design de produto.

Segundo Dias (2009) “Os materiais são um dos meios mais influentes de que os designers podem valer-se para comunicar e criar conexões emotivas entre os produtos e os utilizadores. É tarefa do designer, fundamentado pela cultura, adaptar a sua capacidade intuitiva, criatividade e método de trabalho, às inúmeras possibilidades de inovação técnica dos materiais para conseguir atender as necessidades do público alvo e à tendência atual.

O processo de design leva em consideração as necessidades do mercado e as possibilidades e restrições tecnológicas.

O design de produto concebe ideias, conceitos, desenhos e projetos que são concretizados através de materiais. Segundo Ashby & Johnson, “os materiais são a matéria prima do design e ditam as oportunidades e os limites do design.”. A seleção dos materiais está presente em todas as fases do processo de design, sendo que conforme o projeto avança, adequada seleção de materiais é decisiva para que o produto seja eficiente e cumpra as funções com que foi projetado.

## 1.4 ESTÉTICA E A SUPERFÍCIE DOS MATERIAIS

Existem na natureza organismos vivos sem estrutura óssea, mas não existe nenhum que não tenha pele. A pele é um elemento importante que protege o organismo de um ser vivo, ou o interior de um produto, e que permite a troca de energias e informações com o meio exterior.

No passado, a superfície do objeto não passava do limite do material, mas posteriormente o homem começou a desenhar sinais gráficos com expressões simbólicas, com a intenção de estabelecer uma ligação entre eles, ou seja, criar um ritmo, a que mais tarde, viemos chamar de decoração.

Leroi Gourhan (1984) diz que os objetos têm “falado” desde o paleolítico e expressado com sinais, a realidade, o carácter e as referências culturais de cada povo numa fase específica da sua história.

A estética está relacionada com a cor, forma, material, superfície que constituem o objeto no todo, mas, associado aos materiais, existe um conjunto de outras abordagens a considerar na sua aplicação, que se prendem na relação que temos com o real, definida pela capacidade de nomear, ver, tocar, provar e por fim reconhecer e atribuir com base na experiência e local, um significado e nomes.



## 2. MATERIAIS INTELIGENTES | SMART MATERIALS

*“If you want to build the future, you need to understand smart materials” Catarina Mota, “Play with smart materials” - TEDTalks, 2013*

***O que é um material inteligente? Como é que está posicionado no universo dos materiais? E, como pode ser usado em união com o design de produto?***

Nas últimas cinco décadas, houve um crescimento explosivo em avanços tecnológicos e rede de relacionamentos entre as pessoas e organizações, que possibilitaram um acesso rápido e eficiente a uma enorme quantidade de conhecimento, dados e informações que surgiram. Os materiais tornaram-se os verdadeiros artistas de mudança e uma das principais inovações neste campo tem sido o surgimento dos chamados materiais inteligentes.

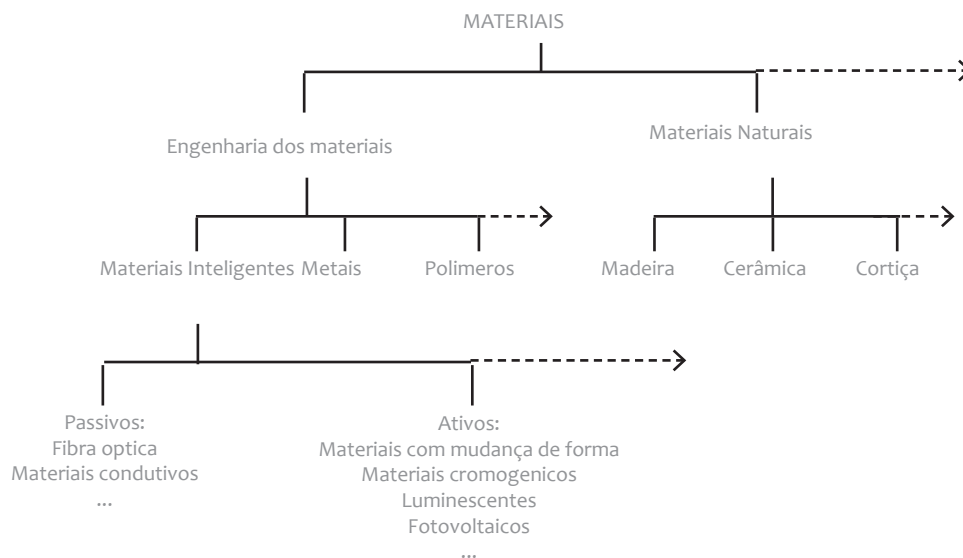
Esta nova classe de materiais inteligentes de alto desempenho é a mais alta expressão do paradigma de materiais feitos por medida, que consolidou a terceira fase contemporânea da revolução da indústria (Manzini, 1989).

A descoberta dos materiais inteligentes, do tipo piezoelétrico, é atribuída aos dois irmãos Jacques e Pierre Curie em 1880, que demonstraram que se gerava um potencial elétrico quando se comprimiam dois cristais, ou seja, fenómenos conhecidos atualmente como piezoelectricidade, que é uma das categorias dos materiais inteligentes.

Nos anos seguintes, foram encontrados novos tipos destes materiais, e na última década estes materiais tem recebido cada vez mais atenção por causa da sua importância científica e tecnológica.

Apesar do grande potencial dos materiais inteligentes, ainda existe uma controvérsia relativamente à definição correta dos mesmos, quais são as suas aplicações e desempenho e como se deve direccionar os esforços para a sua investigação.

O esquema 4 apresenta uma visão geral do lugar dos materiais inteligentes no universo dos materiais.



Esquema 4: Colocação dos materiais inteligentes no universo dos materiais

## 2.1 O QUE SÃO?

O material é a substância a partir da qual as coisas são feitas, e é caracterizado normalmente em massa e volume. A inteligência de um material é determinada pela relação entre as suas propriedades, que influenciam a energia interna deste e modificam a sua estrutura molecular e a microestrutura.

Entende-se por material inteligente, aquele que tem a capacidade de detectar e responder de forma controlada ou prevista aos estímulos do meio ambiente, como o stress, temperatura, humidade, pH, eléctrico ou campo magnético. Após o estímulo, o material reage de forma ativa, útil, reproduzível e geralmente reversível, modificando as suas propriedades físicas, mecânicas, eléctricas e aparência, como a mudança da sua cor, forma e rigidez. (Otsuka e Wayman, 1999)

Cada tipo de material age como se tivesse código genético. Segundo Manzini (1989), “o termo exprime um novo ambiente técnico e cultural no âmbito do qual se vem dando a transformação da matéria”, ou seja, as novas propriedades que surgem a nível experimental ou produtivo originam novos materiais.

Estes materiais podem recém-descobertos ou desenvolvidos, como também materiais que só hoje em dia começaram a ter importância e a serem melhorados e fabricados em quantidade, qualidade e elevado desempenho funcional.

## 2.2 TIPOS E CARACTERÍSTICAS

As propriedades inerentes dos materiais inteligentes dependem dos diferentes princípios por detrás da sua deformação, pois, dependendo da distribuição e disposição dos componentes e da sua forma geométrica, as mudanças podem ocorrer em várias dimensões.

Os materiais inteligentes podem ser divididos em dois grupos – passivos que são sensíveis ao ambiente mas não geram energia, e ativos que traduzem os estímulos em energia. Ambos são capazes de responder ao ambiente, sem ajuda electrónica ou software adicional.

As tabelas 2 e 3 permitem classificar os diferentes tipos de materiais inteligentes em função do estímulo que recebem e da resposta desencadeada.

Materiais com Mudança de Forma	Thermosrictive material	Memória de forma, Ligas, Polimeros (SMA/SMP)
		TEM - thermal expansion materials EM - expansion materials
		TB - thermobimetal
	Eletroactive material	EAP - Polímeros electroactivos, papel
	Photostrictive material	
	Magnetostrictive material	
	Chemosrictive material	
Materiais Geradores de eletricidade	Piezoelétricos	PEP - Polimeros PEC - Cerâmicas Piezoelétricos
	Fotoelétricos	Dye Solar Cells DSC Fotovoltaico
	Termoelétricos	TEG - Termoelétrico
		Condutores
		Austeníticos
		Fluídos Eletromagnetorreológicos
Materiais com Mudança de Cor	Cromoativos	Fotocrómicos, eletrocrómicos, termocrómicos, ...
	Fotoativos	Luminescentes, fibra óptica
		Tintas opticamente ativas e variáveis
Materiais Emissores de luz	Fotoluminescentes	Fluorescentes, fotofluorescentes
	Eletroluminescentes	EL - Eletroluminescentes LED - Light-emitting diodes OLED - Organic light-emitting diodes

Tabela 2. Tipos de materiais inteligentes

Fonte: Autor, baseado na estrutura dos materiais, apresentada no livro Smart Materials de Alex Ritter

		RESPOSTA				
		elétrica	magnética	ótica	térmica	mecânica
ESTÍMULO	elétrico		magneto-eletrónico	Eletroluminescente, eletrocrómico, eletrooptico	termoelétrico	piezoelétrico, eletrostrictivos, ER Fluídos
	magnético			magneto-ótico	magneto-termal	
	ótico	fotodutor		fotocrómico		MR fluídos
	térmico	termocondutor		termocrómico termoluminescente		memória de forma
	mecânico	piezoelétricos, eletroresistivos	magnetostrictivo	mecacrómico		coeficiente de Poisson negativo

Tabela 3. Classificação dos materiais inteligentes consoante o seu estímulo e resposta.

Fonte: Autor

## 2.3 APLICAÇÕES

O avanço do conhecimento, devido às inúmeras descobertas científicas e invenções tecnológicas, e a evolução da cultura, tem dado origem a novas questões e abordagens criativas e produtivas. O desenvolvimento de materiais novos, estimula a inovação em todos os ramos da engenharia, ciência, design, arquitetura, entre muitos outros.

Materiais e sistemas inteligentes tem um papel fundamental na melhoria da qualidade de vida, produtividade, e bem estar da sociedade, e oferecem vantagens em termos de poupança de energia e sustentabilidade ambiental fundamentais hoje em dia.

As propriedades particulares dos materiais inteligentes, podem ser alteradas para satisfazer as necessidades do ser humano, e tornarem-se ferramentas vitais de segurança e conforto em gerações futuras.

Atualmente, os materiais inteligentes mais utilizados na indústria, são as ligas com memórias de forma, materiais piezoelétricos, termostritivos, magnetoestrictivos e fluído magnetorreológicos, que têm a capacidade de mudar de forma, rigidez e outras propriedades por meio de imposição de temperatura, campos eletromagnéticos e diferença de potencial.

Estes materiais são normalmente aplicados em áreas específicas, como aeroespacial, automobilismo, medicina ou na indústria, sendo muitas vezes desenvolvidos para esses fins, não sendo conhecidos por parte da sociedade comum.

Apenas alguns materiais inteligentes têm tido aplicações para o consumidor, como é o caso, dos materiais piezoelétricos, em raquetes de ténis, e materiais termocrómicos, em óculos escuros, mas a maioria não passa do estágio de protótipo final ou experiências.

A implementação destes materiais é combinada normalmente com outras tecnologias, tais como a nanotecnologia, processos de fabricação, microelectrónica, robótica e biotecnologia.

## 2.4 APLICAÇÃO NO DESIGN

Um novo material pode ser uma oportunidade para o designer descobrir os seus benefícios e aplicá-los, tal como, novas abordagens no design, podem contribuir para uma fase de pesquisas destes novos materiais.

No campo do design, Manzini foi a primeira pessoa a explorar as implicações da concepção com materiais inovadores, destacando a abertura de um novo capítulo na história do design e definindo uma nova visão e método, em que os designers podem trabalhar com outros especialistas para descobrir uma nova e diferente possibilidade de interação com os produtos desenhados.

Os materiais devem ser envolvidos no início do processo do design para melhor aproveitamento do seu potencial e os Designers tem a responsabilidade de definir maneiras de desenvolver aplicações adoptando as novas tecnologias, de forma a garantir que estas possam estar disponíveis na criação de novos produtos de consumo para melhorar as nossas vidas diárias.

Os designers e fabricantes estão a utilizar materiais inteligentes na criação de novos produtos de consumo incorporados em sistemas cujas propriedades inerentes podem ser favoravelmente alterados para atender às necessidades de desempenho.

As aplicações de materiais inteligentes são os principais contribuintes para produtos revolucionários e são capazes de salvaguardar a energia de recursos materiais para enriquecer a função do produto, estética, segurança e o seu potencial comunicativo e oferecer novas fontes e perspectivas para o design inteligente.

Hoje em dia, os materiais inteligentes ainda não são vistos como materiais de uso corrente, mas sim como uma tecnologia de difícil acesso. Se o comportamento deste materiais for claramente entendido, em relação às suas propriedades, é possível que tal conhecimento possa vir a ser aplicado em novos produtos e projetos.

## CASOS DE ESTUDO

**1.** O estúdio de design Penny Webb criou uma coleção de vários objetos capazes de interagir entre si e com o utilizador (figura 18). O conceito provém da ideia de manter conectados objetos que estão separados em ambientes distantes.

Cada produto foi produzido utilizando uma combinação de materiais inteligentes que respondem de forma subtil mudando a sua aparência e todos eles, estão ligados por wi-fi.

Entre os objetos existe uma lâmpada feita com pigmento fosforescente e resina de poliéster, que se acende em resposta a alterações na iluminação detectadas por um objeto secundário com um sensor de luz aplicado. Um tecido que revela camadas de cores em resposta a um segundo objeto, neste caso, uma almofada com elementos piezoelétrico incorporados, para detectar a pressão. E um terceiro objeto é um espelho fundido termocrómico em resina epoxi que muda de cor em resposta a uma transpiração detectada por outro objeto remoto.



Fig. 18: Objectos Interativos – Coleção Penny Webb

**2.** A empresa de moda italiana Corpo Nove, através da empresa Grado Zero Espace, desenvolveu uma camisa com tecido que incorpora uma liga de memória de forma, neste caso o Nitinol.

O tecido pré-programado reage à temperatura do ambiente e permite à camisa Oricaldo (figura 19), arregaçar as mangas se a temperatura ambiente ultrapassa um determinado valor.

Esta camisa pode também ser comprimida para ocupar o menor espaço possível para transporte, e através de ar quente, por exemplo aquecida com um secador de cabelo, volta à sua forma original e fica pronta para vestir.

Outro produto da empresa Grado Zero, é um casaco Colling Jacket que mede a humidade e regula a temperatura exterior através de polímeros com memória de forma (SMA) e permite controlar a permeabilidade e o suor em resposta à temperatura do corpo (figura 20).



Fig.19: Camisa Oricaldo da empresa Grado Zero Espace



Fig. 20: Colling Jacket da empresa Grado Zero Espace

**3.** Yvonne Chan Vili, desenvolveu uma colecção de tecidos com materiais de memória de forma incorporados (figura 21). Os tecidos tem a função de serem estéticos e funcionais, e foram colocados no interior de edifícios, como cortinas ou revestimento de paredes, portas e janelas verticais ou inclinadas, e divisória para quarto ou de privacidade (figura 22).

Estes tecidos são bastante sensíveis à temperatura ambiente, e regularizados automaticamente, ou seja, as cortinas vão abrir ou fechar, em função da temperatura da quantidade de luz emitida no exterior ou interior.



Fig.21: Pormenor do tecido com memória de forma desenvolvido por Yvonne Chan Vili



Fig.22: Divisória de parede em tecido com memória de forma desenvolvido por Yvonne Chan Vili



## 3. MATERIAIS QUE MUDAM DE COR

### 3.1 MATERIAIS CROMOATIVOS | CHROMIC MATERIALS

Na natureza, algumas espécies tem a capacidade de mudar de cor de acordo com as circunstâncias externas, quer para garantir a sua sobrevivência, quer pelo seu processo de evolução natural e resposta às alterações climáticas ou sazonais.

Esta magia e este mistério que podemos encontrar tanto em plantas como em animais, impressionou e apelou o ser humano a tentar recriar este extraordinário carácter natural por meio do desenvolvimento de materiais inteligentes, capazes de mudar a sua estrutura molecular e construir sistemas e estruturas com comportamento adaptativo, com capacidade para alterar propriedades, consoante condições ambientais externas.

O estudo dos materiais cromoativos começa com a compreensão das leis expressas pela teoria da cor - fisicamente, a cor depende da absorção e reflexão da luz num corpo feito de diferentes comprimentos de onda. O princípio que atua nestes materiais é explicado por uma alteração da configuração molecular de um material, que fará com que este altere a forma como absorve e reflete a cor, variando-a até ao retorno da sua fase inicial.

Esta família de materiais cromoativos, remonta a 1704, quando Diesbach descobriu a coloração química das Prussian Blue. Na década de 1930, foi observado também uma coloração eletroquímica num óxido de tungstênio granel, e vinte anos mais tarde, Kraus observou coloração electroquímica em filmes finos. Somente em 1969, foram desenvolvidos os primeiros dispositivos eletrocromicos, e desde então, iniciou-se a expansão de vários tipos de materiais cromoativos. (Ritter, 2007)

#### 3.2. O QUE SÃO?

Os materiais cromoativos são conhecidos por alterarem de uma maneira persistente, mas reversível as suas propriedades ópticas, em resposta às mudanças das condições do ambiente, ou por estímulos induzidos quimicamente, eletricamente ou por tratamento térmico. Materiais que mudam de cor são também frequentemente chamados de “materiais camaleão”, porque reversivelmente mudam a sua cor em resposta a condições ambientais.

O princípio técnico pela qual estes materiais mudam de cor é explicado por uma alteração no equilíbrio dos eletrões, tal como a clivagem das ligações químicas ou as alterações que ocorrem dentro das moléculas, com uma consequente modificação das propriedades óticas, tais como refletância, absorção, emissão ou transmissão.

Quando o estímulo acaba, o material retoma ao seu estado original, recuperando as propriedades óticas originais, a sua cor ou transparência.

### 3.3 TIPOS E CARACTERÍSTICAS

Existem vários tipos de materiais cromáticos que ganham o seu nome devido às fontes de energia que provocam a sua alteração de propriedades.

A origem do estímulo é, portanto, importante para classificar o tipo de material cromático, a tabela 4 faz referência aos vários tipos de materiais e aos estímulos a que eles reagem.

Material	Estímulo necessário
Termocrômico	Calor
Eletrocromico	Eletricidade
Fotocrômico	Luz
Solvatocrômico	Função da polaridade do solvente
Hidrocromico	Água ou Humidade
MecacrômicosPiezocrômico	Pressão
Gasocrômico	Gas
Quimicocrômicos	Mudanças químicas
Biocrômicos	Patogénicos

Tabela 4 Denominação do material cromático em função do estímulo  
Fonte: Autor, baseado na tabela de Gregory et al, 2001, Neves 1997

## 4. MATERIAIS TERMOCRÔMICOS | THERMOCHROMIC MATERIALS

O início da exploração dos materiais termocrômicos deu-se em 1909 quando o químico Hans Meyer observou o comportamento termocrômico em certos compostos orgânicos. A explicação para este fenómeno só foi encontrada mais tarde, por Harnik e G.M.J. Schmidt, e J.F.D. Mills e S.C. Nyburg em 1954 e 1963. Em 2003, na Alemanha, o Instituto Fraunhofer de Applied Polymer Research in Golm perto de Berlim foi o primeiro a conseguir desenvolver compósitos termocrômicos e uma forma de proteção solar, termotrópica que muda de quase transparente a translúcido. (Ritter, 2007)

### 4.1 O QUE SÃO?

Materiais termocrômicos adquirem diferentes estados de cor como resultado da variação da temperatura, podendo ser uma mudança reversível ou irreversível. O ponto em que se dá a alteração da cor é chamado temperatura de transição. Este efeito pode ser abrupto a uma determinada temperatura ou gradual, dependendo do material em questão e baseia-se num equilíbrio químico entre dois estados de uma molécula ou entre duas fases cristalinas.

A capacidade destes materiais para adoptar diferentes estados de cor a diferentes temperaturas e retornar à sua cor original inúmeras vezes é o que os torna particularmente interessantes.



Este efeito, é bastante comum em muitos sistemas químicos, orgânicos e inorgânicos, incluindo óxidos de metal que se transformam em condutores a uma temperatura específica.

## 4.2 CRISTAIS LÍQUIDOS

Cristais líquidos pertencem à categoria dos materiais termocromáticos pois alteram a sua cor quando são aquecidos, embora de forma diferente.

Estes materiais apresentam dois estados - o líquido e o sólido. No estado líquido cristalino – mesamórfico, o material apresenta simultaneamente propriedades características dos líquidos e dos sólidos. No estado líquido - isotrópico, as moléculas encontram-se desordenadas dos seus centros de massa e estão distribuídas aleatoriamente no espaço. A cor que é refletida depende da estrutura cristalina em que o material se encontra, ao aplicar uma temperatura acima ou abaixo, acontece uma expansão térmica e os cristais líquidos alteram o espaçamento entre eles e a quantidade de interferência, resultando numa mudança do comprimento de onda refletido e da cor.

Estes materiais possuem um efeito reversível, e podem mudar a sua cor em todas as tonalidades. No entanto são difíceis de trabalhar e requerem equipamentos e tecnologias alternativas, que tornam o material mais caro.

Um exemplo de objeto que utiliza este método, é o galo do tempo.

## 4.3 APLICAÇÕES

No século XX, uma série de produtos de consumo foram reforçadas com pigmento termocrómico com capacidade de alterar a sua cor quando ativado por uma determinada temperatura, como os anéis de humor da década de 1970, que ainda podem ser encontrados à venda hoje, ou as escovas de dentes feitas de plástico colorido que passam por uma mudança de cor reversível nos pontos de contacto com a mão.

Posteriormente, o pigmento foi introduzido na forma de tinta, e conduziu ao desenvolvimento de produtos com aplicações úteis, como por exemplo na área farmacêutica e medical, como tiras de teste de temperatura para aplicações medicas, ou aplicações no sector de embalagem onde os consumidores exigem cada vez mais informações sobre os produtos que compram (figura 23). As etiquetas com material cromático estão disponíveis comercialmente e são melhores em termos de custo e de eficiência energética em comparação com outros métodos que dependem de logística, electrónica e tecnologia de comunicação para o controlo das violações de temperatura em que a cadeia de alimentos frescos e congelados necessitam de instrumentação sofisticada ou procedimentos de controlo de qualidade e estatística de elevados custos. Para além disto, podem tornar o produto atraente e pode ajudar a melhorar a comercialização do mesmo.

Foram introduzidos também no mercado diversos produtos, como por exemplo, a marca Tomme Tippe, que começou a produzir talheres de silicone para bebés, que mudam de cor para indicar se o alimento ou a bebida está à temperatura adequada (figura 24). Ou, a chaleira de Russel Hobbs, (figura 25) desenvolvida em 2001 que muda de cor azul, quando está fria para cor de rosa quando está quente para que o utilizador possa detectar facilmente se a água na chaleira está quente o suficiente para fazer

uma bebida, evitando refulver a água. (figura 22) Tal como, as várias canecas de cerâmica que estão actualmente à venda e mudam de cor ao despejar uma bebida quente.



Fig.23: Cerveja Coors Light com rotulo termocrómico



Fig. 24: Chaleira Thermocolor, de Russell Hobbs, 2001



Fig.25: Colher de alimento para bebés da marca Tomme Tippee

## CASOS DE ESTUDO | TERMOCRÓMICOS

Os materiais termocrómicos são os materiais com propriedades de mudança de cor mais utilizados hoje em dia em projetos no campo da artes, design ou arquitetura.

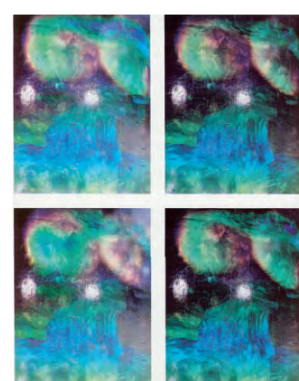
**1.** Uma das primeiras aplicações deste material foi numa parede no Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris desenvolvida pelo artista alemão Sigmar Polke em 1988. A instalação Thermowand (figura 26) consiste numa parede convexa revestida com tinta termocrómica composta por cristais líquidos e aglutinante sintético. A parede muda de cor em três tipos de temperaturas diferentes que variam desde os 20°C aos 33°C e tinha como objetivo mostrar o caminho diário do sol através da reação da luz solar quando incide sobre a parede.



a) Efeito termocrómico quando a luz do sol bate diretamente na parede



b) Efeito termocrómico quando a luz do sol começa a desaparecer



c) Pormenor do efeito termocrómico provocado pelo sol na parede.

Fig.26: Thermowand - Instalação no Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris em França, de 1988

**2.** O arquiteto alemão Jürgen Mayer é o autor da instalação artística “In Heat” (figura 27), que foi exibida no Urbach Architecture Henry Gallery, em Nova Iorque, em 2005, onde as paredes e os assentos incorporaram superfícies termossensíveis que reagem ao toque e ao calor do corpo humano, perdendo ou alterando a sua cor. O autor inspirou-se na exposição de Friedrich Kiesler, em 1947, e com a ajuda dos novos materiais e técnicas, criou superfícies internas e externas que representaram uma quarta dimensão- o tempo. O espectador faz parte da instalação e com o seu calor corporal, é capaz de criar uma sombra de cor ao tocar na parede.

No livro de visitas da exposição, Mayer também aplicou uma impressão com tinta termocrômica, que se tornava visível com o aquecimento da mão do visitante, quando começava a escrever, o que revelava a escrita no livro, quando o visitante se afastava do livro, a informação desaparecia.

Estas superfícies e objetos criados representavam uma ornamentação estratégica e surgiam como metáforas para a proteção e segurança de dados.

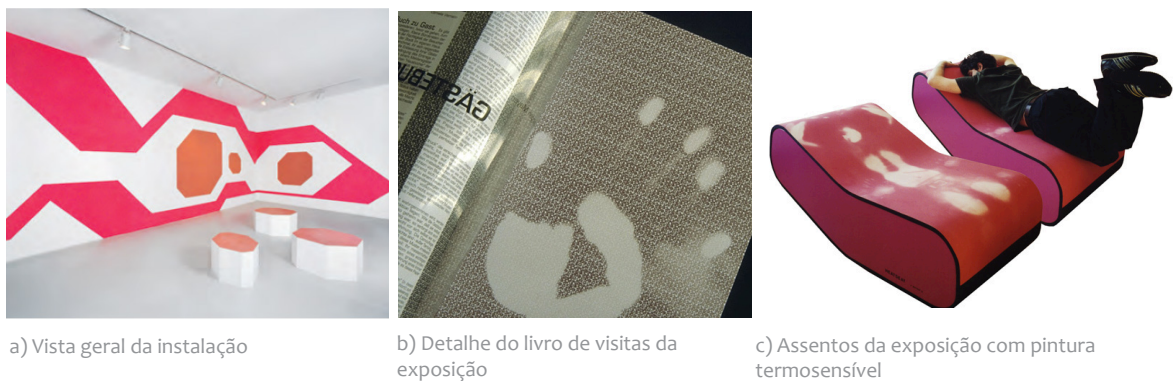


Fig.27: Exposição Interativa In Heat, de Jürgen Mayer na HUA Gallery, Nova York, 2005

**3.** Papel de parede com pintura termocrômica que reage ao calor e à medida que a temperatura sobe dentro de uma sala as flores nos ramos do papel, lentamente florescer, dando vida e cor adicionais em um determinado espaço (figura 28). Quando a temperatura desce, a impressão colorida da flor desaparece e volta a um verde suave

**4.** Aplicação da tinta termocrômica em cartazes ou outros objectos decorativos (figura 29), de forma a encorajar as pessoas a tocar e a interagir com desenhos que normalmente são estáticos.



Fig. 28: Papel de parede com tinta termocrômica



Fig.29: Cartazes interativos de Shi Yuan

**5.** O Candeeiro Holo (figura 30) desenvolvido pela artista Patrycja Domanska, é feito em alumínio e revestido com tinta termocrômica que muda de cor azul para branco quando atinge os 31°C. O alumínio é um material condutor de calor e a forma redonda apoia a mudança de cor de igual forma, criando um gradiente da cor.

**6.** Alunos da Royal College of Art na Inglaterra desenvolveram um cimento com propriedades termocrômicas com o objetivo de utilizarem em superfícies para exibição de arte interativa (figura 31). A primeira aplicação proposta pelos estudantes foi a aplicação de relógios digitais de grandes dimensões integrados em paredes por meio de correntes elétricas. E a segunda foi a aplicação do cimento no piso, de modo a criar alterações de cor parciais, produzidas pelo calor das pessoas em movimento (figura 32).



Fig.30: Candeeiro Holo, Patrycja Domanska.

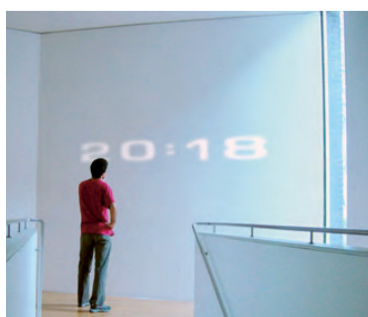


Fig.31: Aplicação de cimento termocrômico numa parede com um relógio interativo.



Fig.32: Aplicação de cimento termocrômico num pavimento.

## 5. MATERIAIS FOTOCRÔMICOS | PHOTOCROMIC MATERIALS

O efeito fotocromático foi descoberto, em 1899 por Markwald em tetrachloronaphthalene no estado sólido. O autor estabeleceu o termo phototropy para representar este fenómeno. Mais tarde, em Israel, 1950, Hirshberg sugeriu o termo em uso hoje, photochromism, que é derivado do grego. (Alex Ritter)

### 5.1. O QUE SÃO?

Materiais fotocromáticos são materiais que respondem a variações da intensidade da luz recebida ou a distribuição espectral da luz, alterando a sua cor reversivelmente. O princípio de funcionamento baseia-se na absorção da luz, em que a principal fonte é a radiação ultravioleta (UV) e a radiação de infravermelhos (IV).

Materiais fotoativos possuem moléculas orgânicas geralmente instáveis, incolores quando a luz é suave e com a introdução de radiação UV os espectros são ativados e mudam a sua configuração molecular, modificando o espectro cromático de saída, manifestando uma cor. Quando o estímulo luminoso é removido, a cor desaparece porque o material retorna à sua configuração molecular inicial.



Podemos encontrar materiais fotossensíveis sob a forma de pigmentos que podem ser misturados com outros materiais ou pigmentos comuns a fim de obter varias cores.

O efeito fotocromico pode ser encontrado em sistemas biológicos, como por exemplo na rodopsina, que é uma substância natural presente no olho, que quando é ativada pela luz, produz um estímulo nervoso para o córtex para iniciar o processo de percepção visual. (Bouas-Laurent, 2004)

## 5.2. APLICAÇÕES

Uma das aplicações comerciais dos materiais dos fotocromicos são a auto-coloração dos óculos de sol, por meio da aplicação de cristais inorgânicos de haleto de prata nas lentes, que quando expostos à luz UV, sofrem uma reação que permite mudar para vários tons das lentes, de transparentes a escuras, dependendo da intensidade da luz (figura 33).

Material fotocromico também é utilizado na fabricação de janelas inteligentes com controlo solar adaptativo, que se tornam mais transparentes para permitir a entrada de maior radiação solar no edifício e que se podem tornar uma ferramenta importante para autonomizar a regulação da quantidade de luz e calor que entra nos edifícios e um importante recurso para economizar energia elétrica (figura 34).



Fig. 33: Óculos com lentes fotocromica

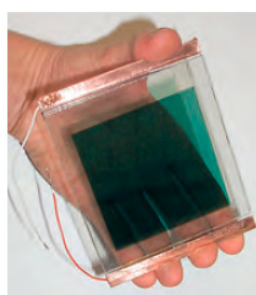


Fig. 34: James robinson photochromic dyes

## CASOS DE ESTUDO | FOTOCRÔMICOS

Até há poucos anos, não houveram muitas aplicações realizadas de materiais fotossensíveis. Embora a utilização de vidro de auto-coloração em janelas ou fachadas, seja uma aplicação óbvia, não foi bem sucedida até agora devido ao seu comportamento a longo prazo insuficiente, sensibilidade ao calor e os custos de fabrico relativamente elevados.

**1.** Entre os primeiros projetos a envolver materiais fotoativos está a fachada de um edifício realizado pela Becker Gewers Kühn & Kühn Architects para um projeto em 1992 para o Museu de Arte Moderna de Munique (figura 35).

**2.** Tomoko Hashida, Yasuaki Kakehi e Takeshi Naemura, na Universidade de Tóquio em 2011 desenvolveram uma escultura fotocromica (figura 36) que consiste numa imagem tridimensional criada por várias camadas de placas transparentes revestidas com spiropyran fotocromicos que se tornam visíveis na presença de luz UV. Quando a radiação atinge as camadas transparentes surgem pixéis coloridos que são dinamicamente modificados juntamente com o padrão de luz UV que é projetado sobre eles. O projeto destaca o potencial da utilização de superfícies fotossensíveis para representar objetos 3D de uma nova forma. A ideia subjacente pode ser utilizada em exposições e exibições sustentáveis ou como publicidade.

**3.** O projeto Static de Sofia Lagerkvist (figura 37), Charlotte von der Lancken, Anna Lindgren e Katja Sävström consiste num papel de parede com tintas sensíveis aos raios UV, que pode mudar de um monocromático para uma cor vermelha biocromática, sob a influência da luz de modo reversível. O Pattern Wallpaper teve como objetivo demonstrar de uma forma poética como os objetos comuns do dia a dia, podem mudar ao longo do tempo apenas sob a influência da energia.



Fig. 35: Exterior do museu de Arte Moderna de Munique.



Fig. 36: Escultura Photochromic



Fig. 37: Pattern Wallpaper, projeto Static

## 6. MATERIAIS ELETROCRÔMICOS | ELECTROCHROMIC MATERIALS

O efeito eletrocrômico tornou-se conhecido em 1953, na sequência de um trabalho desenvolvido por Kraus com trióxido de tungstênio, onde encontrou uma mudança de cor azul no material após aplicação de um campo elétrico. Em 1969 e 1973, o fenómeno ocorrido no trióxido de tungstênio foi publicado por S.K. Deb e estabeleceu os princípios do eletrocromismo.

### 6.1. O QUE SÃO?

São materiais que apresentam uma alteração ótica após a aplicação de um impulso elétrico ou corrente elétrica. São normalmente óxidos inorgânicos de metais de transição, ou materiais orgânicos.

Na pigmentação electrocrômica, a mudança de cor ocorre normalmente entre um estado transparente/branqueado e um estado colorido, ou entre dois estados coloridos (figura 38).

### 6.2. MATERIAIS ELETROÓTICOS

Dentro dos materiais electrocrômicos, encontram-se os materiais eletroóticos que são constituídos por cristais líquidos.

Estes materiais têm tido um desempenho relativamente bom em produtos no mercado, podemos encontra-los atualmente em displays, por exemplo, em televisores, e sistemas de vidro.

Atualmente têm sido investigados para filtros e espelhos eletricamente comutáveis, para aplicações como janelas com proteção solar e tintas electrónica. Na década de 70, Nick Sheridon, investigador da Xerox Parc, desenvolveu o primeiro papel eletrônico – o e-paper (figura 39). E, em 1991 foi produzido e comercializado o primeiro vidro eletro-óptico pela marca Privalite (figura 40).

### 6.3. APLICAÇÕES

Em 2004 foi desenvolvido o primeiro polímero eletrocrômico na Universidade da Califórnia.

Este é provavelmente a mais versátil de todas as tecnologias cromoativas, pois é mais fácil de controlar e facilmente utilizada em combinação com diferentes estímulos tais como o stress ou temperatura. É um material muito utilizado na segurança rodoviária e na indústria automóvel, e tem aplicação em dispositivos ópticos de vários tipos, tais como elementos para exibição informática, obturadores de luz, janelas inteligentes, segurança rodoviária noturna, vestuário refletor noturno, entre outros.



Fig. 38: Sistema de vidro eletrocrômico fabricados pela Gesimat, com objetivo de serem utilizados como janelas inteligentes. A sequência de imagens apresenta o sistema em diferentes estados reflexivos e transparente da luz.



Fig. 39: E - paper desenvolvido pela empresa de tecnologia E-ink



Fig. 40: Exemplo do sistema Priva-lite fabricado pela SGG-Saint-Gobain Glass utilizado no interior de uma casa



## CASOS DE ESTUDO

**1.** Vidros eletrocrômicos são bastante populares hoje em dia. A maior superfície eletroóptica contínua, foi apresentada numa fachada do edifício Chanel Ginza em Tóquio, por Peter Marino em 2004, que abrange todo o edifício de dez andares e uma área de 910 m<sup>2</sup> (figura 41)

A parede é formada por várias camadas de diferentes materiais, entre eles, vidro, aço inoxidável, tinta eletróptica e 700000 Leds. De dia o vidro electrolítico é transparente, e de noite o vidro torna-se opaco possibilitando a projecção de imagens diferentes ou vídeo controlados por computador.



Fig.41: Edifício Chanel Ginza em Toquio, instalação de Peter Marino, 2004

## 7. SOLVATOCRÔMICOS | SOLVATOCHROMIC MATERIALS

São substâncias químicas sensíveis a um determinado solvente líquido ou gás, com resultado de uma alteração no espectro de absorção de compostos químicos causados pelo meio circundante.

No campo da investigação química é utilizado como auxílio de estudo de reacções soluto-solvente e polaridade do solvente, em sensores ambientais, sondas com a capacidade de determinar a presença e percentagem de um solvente, e na electrónica molecular para a construção de interruptores moleculares. (Ritter, 2007)



## 7.1 MATERIAIS HIDROCRÔMICO | HYDRCHROMICS MATERIALS

### 7.1.1. O QUE SÃO?

Materiais Hidrocrômicos são materiais que pertencem ao grupo dos solvatocrômicos pois reagem na presença de um líquido, nomeadamente a água.

Estes materiais, ao contrario do que se pensa, não mudam de cor. Eles são brancos na sua aparência, e tornam-se transparente em resposta ao contacto com a água ou na presença de humidade. A superfície branca rejeita as ondas de luz, impedindo a imagem de chegar, mas quando **a superfície é molhada, a camada branca adquire uma viscosidade que permite passar as frequências electromagnéticas e a luz sobre ela, tornando visível a camada que esconde**, ou seja uma mudança de cor. (Oakes, 2005)

Desta forma, as tintas são normalmente aplicadas sobre uma cor ou imagem, que quando ficam molhadas revelam a imagem que estava escondida pela camada de tinta hidrocrômica, dando a sensação de que mudam de cor. Quando secos, voltam à cor original, podendo ter um efeito reversível ou não reversível. A tinta hidrocrômica é feita à base de água e é normalmente utilizada por processos de impressão por serigrafia.

### 7.1.2. APLICAÇÕES

Este materiais são menos comum que os termocrômicos e os fotocrômicos, e por esse motivo não é possível encontrar tanta informação disponível acerca deles. A maioria dos produtos e aplicações com tinta hidrocrômica ainda não são prontos para a comercialização, estando a maioria dos produtos em fase experiencial e de estudos.

Podemos encontra esta tinta em etiquetas no interior de produtos electrónicos, para detectar danos causados pela água ou humidade.

Apesar de pouco utilizados, mas que tem interesse visual na aplicação em têxteis para alcançar padrões dinâmicos, como em guarda-chuva (figura 42) que quando estão molhados são coloridos e secos apresentam uma cor branca, ou em brinquedos e cartões com mensagens ocultas (figura 43).



Fig. 42: Fashion Art: Marca \*SquidLondon\* , Emma-Jayne Parkes and Viviane Jaeger



Fig .43: Exemplo da aplicação da tinta hidrocrômica sobre papel

# CASOS DE ESTUDO | HIDROCRÓMICOS

**1.** A empresa Rainbow Winters em Londres, utilizou a tecnologia e tintas cromáticas para criar uma coleção de roupa interativa, que muda de cor em resposta à água e à luz solar. O objetivo é transformar o ato de vestir numa experiência multissensorial, mudando a aparência do tecido consoante o espaço e as condições atmosféricas em que este se encontra.

O vestido Rainforest, na figura 44, utiliza tintas hidrocrómicas, que mudam as flores do vestido de brancas para coloridas quando ficam molhadas, dando a sensação que o vestido floresce.

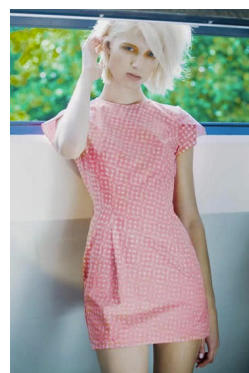
O vestido Petal, na figura 45 é um vestido pintado com tinta fotocrómica, que reage à presença do sol. Num espaço interior o vestido é verde e no exterior, com a radiação ultravioleta do sol transforma-se em num vestido roxo.



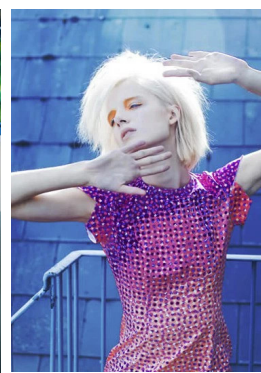
a) vestido seco



b) vestido depois de molhado



a) vestido no interior de um espaço



b) vestido no exterior, com exposição à luz solar

Fig. 44: Rainforest dress - Rainbow Winters

Fig. 45: Petal dress

**2.** O projeto Pantone (figura 46), foi uma ideia desenvolvida por um grupo de designers para um projeto sobre monções, e que passava por contradizer a imagem das cidades cinzentas e deprimentes da Coreia do Sul durante os dias chuvosos, e transformar as ruas da cidade de Seul em lugares coloridos e com vida.

A equipa decidiu utilizar tintas hidrocrómicas para criar uma imagem colorida no pavimentos das ruas, que era revelada com a chuva. Quando o chão ficava molhado aparecia uma imagem de baleias, tartarugas e peixes, como podemos ver na figura 1, e quando seco voltava à sua cor cinzenta original.

O projeto foi premiado em 2015, e divulgado em outdoors para despertar o interesse pela arte de rua, mas não chegou a ser realizado.

**3.** A designer norueguesa Kristine Bjaadal criou uma toalha de mesa com tintas hidrocromáticas (figura 47), que à primeira vista parece ser uma toalha de mesa tradicional com flores brancas, mas quando é molhada, o tecido ganha lentamente um padrão com borboletas coloridas.

A toalha de mesa Underfull é uma peça conceptual que se baseia na ideia de que situações desagradáveis mesa, como o derramar de um copo, devem ser transformadas em experiências positivas.

O derramar de um copo por vezes pode provocar manchas na toalha que são difíceis de limpar, mas com

esta toalha os acidentes transformam-se num novo padrão sobre o tecido em vez de uma mancha que revela sujidade. Com o tempo os derrames vão criar camadas subtis no tecido, que vão permitir recordar os jantares anteriores e contar histórias à mesa.

Esta é uma toalha com valor sentimental acrescentado que a autora utilizou para chamar a atenção da sociedade atual, que tem uma ligação cada vez mais superficial com os objetos, e transmitir a importância de manter as coisas que temos durante mais tempo, em vez de descartá-las.



Fig.46: Imagem ilustrativa no projeto Pantone

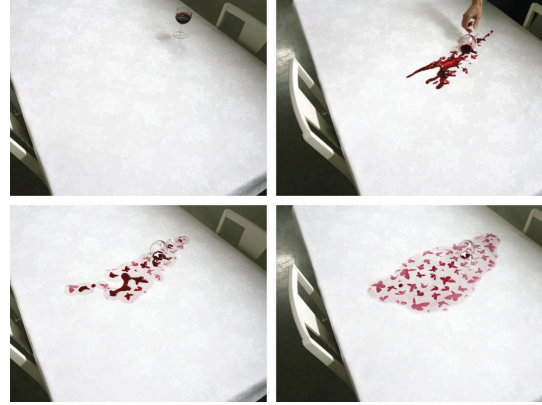


Fig.47: Toalha de mesa “underfull” de Kristine Bjaadal

## 8. MATERIAIS MECACRÔMICOS OU PIEZOCRÔMICOS

### MECHANOCHROMIC OR PIEZOCHROMIC MATERIALS

#### 8.1. O QUE SÃO?

Comparativamente a outros materiais cromáticos, os materiais mecacrômicos ou piezocrômicos, são ainda pouco comuns e não tem recebido muita atenção, por ser uma tecnologia que ainda não está madura o suficiente e a maioria dos produtos desenvolvidos estão ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento.

Estes materiais são compostos por corantes que alteram a frequência da luz que absorvem e exibem uma mudança de cor ou de transparência quando um estímulo mecânico é aplicado, que pode ser compressão, tração ou outras formas de stress.

#### 8.2. APLICAÇÕES

A maioria da sua utilização deve-se ao seu potencial destes materiais na detecção de tensão, em particular para a monitorização in situ devido à falha de fratura, corrosão, fadiga ou deformação. Por exemplo, foi desenvolvido uma corda de escalada com corante mecacrômico para as estruturas do Research Institute da Universidade de Strathclyde, que detecta níveis críticos de tensão através da mudança de cor, para indicar se está danificada e precisa de reparação.

Além disso podem ser utilizadas em embalagens de produtos frágeis, por exemplo em medicamentos, para indicar se o pacote foi submetido a algum stress durante o transporte.

## CASOS DE ESTUDO | PIEZOCRÔMICOS

**1.** Num jogo de ténis, a bola por vezes pode circular a 180km/h e nem sempre é fácil distinguir o local exato onde ela toca no chão, e se está dentro ou fora das linhas do campo. Para facilitar a arbitragem do jogo, certas zonas de um campo de ténis foram revestidas com tinta piezocromatica que ao sentir a força da pancada da bola no revestimento, muda de cor, como podemos observar pelo esquema da figura 48. A marca da bola desaparece ao fim de algum tempo, mas é suficiente para permitir ao arbitro distinguir se a bola saiu ou estava dentro.

O mesmo método utilizado para um campo de ténis pode ser utilizado para outros jogos de bola, como voleibol, andebol, basquetebol, entre outros.

**2.** Investigadores da Universidade de Cambridge e da Fraun-hofer Institute, desenvolveram o “Polymer Opal”, (figura 49) um material flexível sensível ao stress, onde é possível observar varias cores.

Para a fabricação deste polímeros os investigadores passearam-se nos princípios utilizados na Natureza, em besouros, borboletas, pavões, entre outros, conhecido como structural colour, e que resulta da diferente difracção da luz nas diferentes camadas estruturais do material.

O nome “Polymer Opal” deriva da pedra preciosa opala, que utiliza o mesmo processo e emite um brilho colorido semelhante.

Foi produzido a partir de pequenas esferas com 200 nanómetros de diâmetro que permitiram chegar ao resultado da Structura colour encontrada nos animais.

No interior do material, as pequenas esferas constituem microestruturas ordenadas que ao alterar a sua disposição entre as esferas, por exemplo ao esticar ou ao torcer o polímero, diferentes cores (ou comprimentos de onda) de luz são reflectidos. Quando o material é esticado o espaçamento entre as esferas aumenta e resulta de uma mudança de cor da gama azul, ao comprimir os resultados revelam tons vermelhos. Quando libertado, o material retorna à sua cor original.

A maior vantagem destes material, é que a cor não está dependente da temperatura ou do tempo, e não irá desaparecer como acontece com os pigmentos de cor, que mantém a sua aparência dependendo do ângulo de visão e que ao fim de algum tempo vão perdendo a sua cor.

Segundo o investigador Jeremy Baumberg, produzir esferas com núcleo de poliestireno é relativamente simples e barato, o que permite produzir em grandes quantidades. Estes materiais podem vir a ter aplicações diversas, como em roupa ou calçado inteligente, edifícios, segurança, ou instalações de arte.

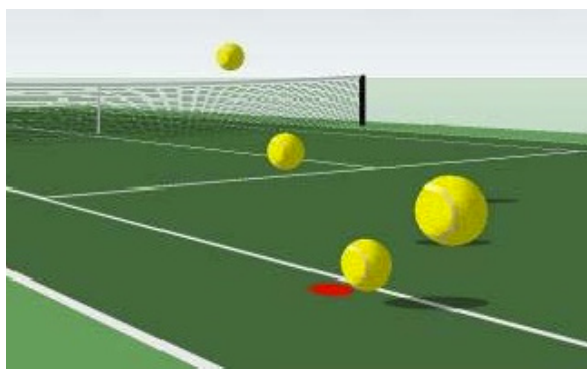


Fig.48: Representação da marca da pancada da bola no campo de ténis

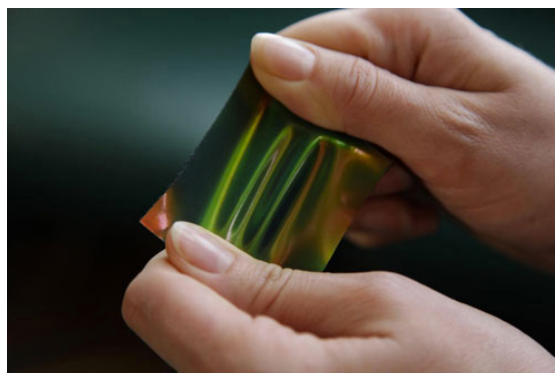


Fig.49: Polymer Opals

## 9. MATERIAIS GASCRÓMICOS | GASCHROMICS MATERIALS

São materiais que alteram as suas propriedades óticas em função da exposição a gases oxidantes e com base na propriedade de películas finas de óxido de tungsténio para cor, na presença de gás hidrogénio com um catalisador adequado.

## 10. MATERIAIS QUIMICOCRÓMICOS | CHEMOCHROMIC MATERIALS

São materiais que respondem a mudanças químicas no ambiente alterando a sua cor.

Este fenómeno é usado, por exemplo para desenvolver vidros duplos para janelas com a capacidade de mudar de cor quando em contacto com gás hidrogénio.

Estão divididos em duas categorias:

- Materiais halocrómicos - mudam de cor em relação a alterações de pH no meio ambiente
- Materiais lonocrómico - indica uma reação na presença de iões por meio de uma variação da cor.

## 11. MATERIAIS BIOCRÓMICOS | BIOCHROMIC MATERIALS

São materiais desenvolvidos para detectar e relatar a presença de patogénicos como resultado de uma reação química causada pela alteração das condições ambientais, que por consequente, vai produzir uma mudança de cor.

São utilizados para detectar patogénicos contra a intoxicação alimentar ou bioterrorismo.

Existem ainda outros materiais cromoativos que são sensíveis a estímulos especiais tais como a radioatividade, feixes de elétrões, radiação infravermelha. Esses materiais estão ainda em fase de investigação preliminar e são mais significativos para aplicações científicas ou de engenharia, mas alguns produtos de consumo podem também desenvolver-se tais como detetores de radioatividade para utilizadores individuais.



# 12. LUMINESCÊNCIA E MATERIAIS FOTOATIVOS

O primeiro fenómeno da luminescência deu-se em 1602, quando o sapateiro italiano V. Casciarolo, observou um brilho no escuro do mineral bário  $\text{BaSO}_4$ , actualmente conhecido como a pedra de Bolonha – Bologna Stone. Este fenómeno, dito milagroso, despertou o interesse de muitos cientistas, e várias investigações foram feitas para descobrir a razão para essa emissão de luz.

Os primeiros estudos fotoluminescentes foram realizados com materiais cristalinos, que depois foram aplicados em materiais amorfos devido à descoberta de luz sintonizável em silício poroso. Deu-se início a um estudo sistemático da fotoluminescência, baseado na observação da micro-estrutura do material e da natureza espectroscópica do processo de emissão de luz. Mas, só no século XXI, surgiu a primeira geração de materiais luminescentes no mercado.

## 12.1. O QUE É?

A luminescência é um fenómeno ótico produzido quando um material é excitado e exhibe uma emissão de onda eletromagnética na forma de fótons. O fenómeno pode ocorrer em qualquer estado da matéria e está relacionado com a capacidade do material, quando estimulado, emitir luz através de uma reacção química, radicação ionizante ou até mesmo por meio de emissão da luz. (Lakowicz, 2006)

Estes materiais podem ser divididos em vários subgrupos:

1. Oticoluminescentes - conduzem a luz
2. Eletroluminescentes - são estimulados pela eletricidade
3. Quimiluminescentes - são estimulados por uma reacção química
4. Triboluminescentes - são estimulados por uma reacção mecânica
5. Fotoluminescentes - são estimulados pela luz
6. Radioluminescentes - são estimulados por radiação iónica

## 12.2. MATERIAIS FOTOATIVOS

Materiais fotoativos são capazes de emitir luz de diferentes naturezas, como resultado de um fenómeno externo e dividem-se em três classes, fluorescentes, fosforescentes e eletroluminescentes, dependendo das suas propriedades e do seu comportamento luminoso em função do tempo.

Estes materiais tem vindo a ser disponibilizados para o mercado com vários tipos de aplicações, sob a forma de tintas ou pigmento.

### 12.2.1. FLUORESCENTES

São materiais semicondutores que produzem luz visível como resultado de sua ativação com luz UV. Os

pigmentos fluorescentes são brancos à luz do dia e expostos à radiação UV, irradiam uma cor fluorescente intensa. Neste tipo de materiais o efeito fluorescente acaba assim que a fonte de excitação desaparece. A utilização de pigmentos fluorescentes tem um potencial grande de comunicação, pela sua capacidade de assinalar a escuridão.

### **12.2.2. FOSFORESCENTES**

Os primeiros produtos fosforescentes a aparecerem no mercado foram os materiais radioativos que tinham a sua aplicação em relógios e instrumentos utilizados por militares, que possibilitavam ver no escuro. Esses materiais eram feitos com químicos tóxicos por vezes perigosos para a saúde do ser humano. Os novos materiais fosforescentes foram desenvolvidos como um substituto dos materiais radioativos e são composto por sulfureto de zinco, sulfureto de magnésio e aluminato alcalino-terroso, não tóxicos e que permitem atualmente a aplicação direta do pigmento em produtos e em revestimentos. Este tipo de materiais são semicondutores e convertem a energia absorvida em luz emitida, que só é detectável na escuridão após a fonte de excitação desaparecer.

Hoje podemos encontrar diversos produtos no mercado que facilitam o acesso noturno, como por exemplo, em avisos de segurança no interior de edifícios, marcação de saídas de emergência ou escadas.

### **12.2.2. ELETROLUMINESCENTES**

São materiais organometálicos constituídos por fósforos e fluorocarbonos que emitem luz de diferentes cores quando são estimulados por uma corrente elétrica.

A eletroluminescência é o mesmo princípio utilizado por díodos emissores de luz - LEDs, onde o químico Arsenieto de gálio atua como o material luminescente.

Os materiais eletroluminescentes são uma mistura de pigmentos luminescentes com um ligante, e uma camada de material condutor elétrico no topo. E foram desenvolvidos em forma de cabo e superfícies. O cabo eletroluminescente é utilizado como decoração, e para criar formas, por exemplo escrever palavras, ou fazer molduras luminosas. As superfícies eletroluminescentes são muito utilizadas como revestimento de paredes e em obras de arte.

Também é possível adquirir o material em formato de tinta para impressão, como por exemplo utilizando a técnica da serigrafia.

## **12.3. APLICAÇÕES**

Ultimamente, estes materiais têm sido utilizados no nosso quotidiano, em aplicações específicas, como elemento de segurança para detecção de imitações, em sinalização de saída de emergência ou em sinalização rodoviária noturna.

Além disso, o fenómeno despertou o interesse de muitos artistas, que começaram a utilizar materiais luminosos nas suas exposições, instalações, painéis publicitários, entre outros.

## CASOS DE ESTUDO | LUMINESCÊNCIA

Na arquitetura existe especial interesse na aplicação destes pigmentos em paredes de espaços interiores. Nos últimos anos, alguns trabalhos esteticamente impressionantes que exploram o tema da fluorescência foram produzidos por designers e artistas.

**1.** No hotel Teufelhof na Suíça, o artista alemão Ruth Handschin decidiu decorar as paredes de vários quartos do hotel com desenhos que durante a noite brilhavam no escuro (figura 50). Os quartos luminosos foram criados com uma mistura de pigmentos fluorescentes e fosforescentes, e foram aplicados nas paredes, teto e chão. Durante o dia estes pigmentos capturam a radiação ultravioleta contida na luz natural, e durante a noite tornam-se luminescentes. Segundo Handschin, a ideia de criar um quarto luminoso teve a intenção de criar uma atmosfera mais acolhedora ou dinâmica e proporcionar uma experiência nova, interativa e cultural aos hóspedes.

**2.** Projeto norte-americano GlowingPlants, liderado por Anthony Evans, inventou uma forma das plantas brilharem no escuro recorrendo à biologia sintética e a um software compilador de genoma (figura 51). No software é desenhado a sequência do ADN da planta e depois impressas pequenas bactérias inteligentes chamadas “agrobacterias” que serão depois colocadas nas sementes, que ao longo do tempo, dão origem a plantas capazes de produzir luz. O processo combina proteínas – luciferina e luciferase, que estão presentes em animais como libélulas e pirilampos com os tecidos embrionários das plantas. O software separa as sequências dessas proteínas e as sintetiza para criar bactérias mutantes que irão se unir aos tecidos embrionários das plantas.

No entanto, a vida destas novas plantas geneticamente modificadas tem um tempo limitado, durando apenas três ou quatro meses.

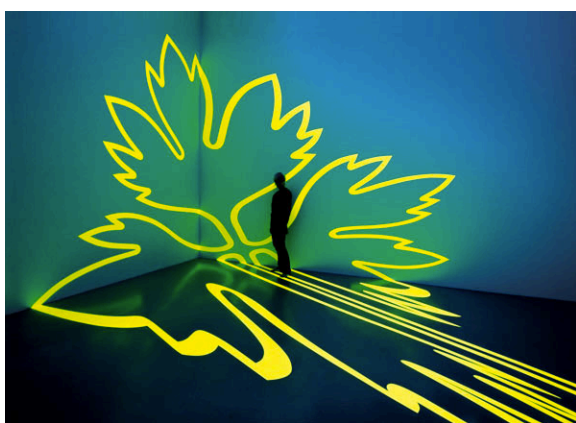


Fig.50: Creeping Buttercup, Ruth Handschin Pelicula fluorescente, iluminada com luz ultra violeta



Fig.51: GlowingPlants



**3.** As designers Rachel Wingfield e Mathias Gmachl, em conjunto com a empresa Loop.pH Ltd desenvolveram o projeto Blumen (figura 52) que consistiu na criação de divisórias funcionais para o interior de edifícios.

As divisórias combinavam efeitos florais que podiam ser controlados e repetidos até oito vezes, de forma a criar diferentes padrões visuais.

As flores foram pintadas no tecido com tinta eletroluminescente e reagem de forma diferente a diferentes estímulos com a ajuda de fios elétricos, um software e vários sensores.

Além deste projeto, as designers Wingfield e Gmachl também desenvolveram, em 2005, uma instalação de luz, para a York Art Gallery em Londres. (figura 53)

Para a instalação foram colocados nas janelas da Galeria, cinco painéis de vidro e espelho revestidos com tintas eletroluminescentes, e uma pequena estação meteorológica no telhado para recolher os dados do tempo, como a temperatura, humidade, precipitação e velocidade e direção do vento.

Durante a noite, os dados recolhidos pela estação meteorológica são convertidos em efeitos visuais que aparecem nos ecrãs das janelas do edifício.

O objetivo da instalação passa por chamar a atenção do espectador noturno, por meio da estética e cinética dos padrões de luz, sobre a problemática do aquecimento global.

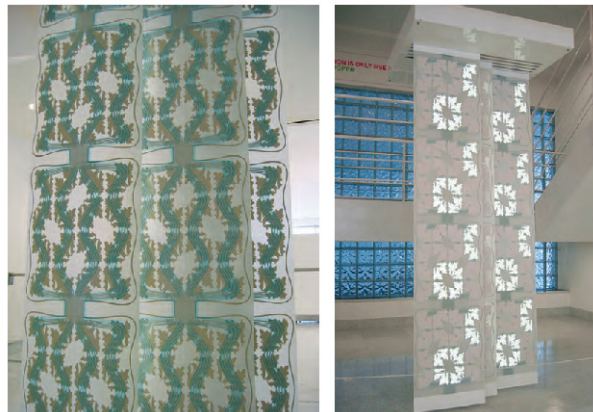
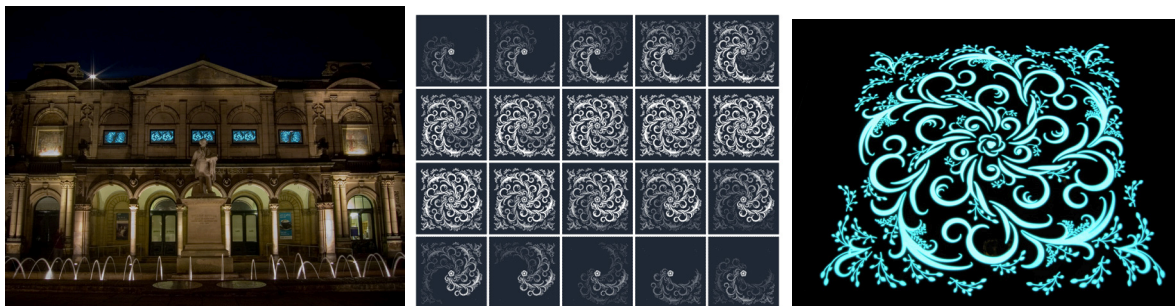


Fig. 52: Fotografia em detalhe Blumen room divider



a) Exterior da York Art Gallery

b) Efeito visual do padrão

c) Detalhe do padrão

Fig. 53: Projeto *Weather Patterns* com tintas eletroluminescentes, de Wingfield e Gmachl, 2005

Fonte: <http://loop.ph/portfolio/weather-patterns/>

# 13. TINTAS OTICAMENTE ATIVAS E VARIÁVEIS

## 13.1. O QUE SÃO?

As tintas oticamente ativas contêm materiais metálicos que permitem mudar a aparência do material, quando visto de ângulos diferentes, podendo mudar de duas para mais cores, ou ir do invisível para o efeito de brilho visível (figura 54).

Estas tintas podem ser impressas ou gravadas nos materiais e permitem obter diferentes tipos de efeitos (figura 55), dependendo do tipo e do tamanho da partícula que é utilizada.

Estas tintas não são considerados materiais inteligentes, mas são de interesse para as artes, design e arquitetura.

## 13.2. APLICAÇÕES

Estas tintas tem aplicações nos mais diversos produtos do nosso dia, embora em muitos dos casos nós não damos conta.

A maior utilização destas tintas é na área da impressão, produzindo elementos de segurança com efeitos que não podem ser imitados ou fotocopiados, como por exemplo em dinheiro ou documentos (figura 56).

Como a tinta tem duas ou mais cores, é realmente difícil de copiar ou falsificar, uma vez que copiadas ou digitalizadas o material só vai apresentar uma cor, que é a daquele ângulo específico, ao passo que as pessoas podem ver ambas as cores da tinta, simplesmente mudando o ângulo que olha para a tinta.

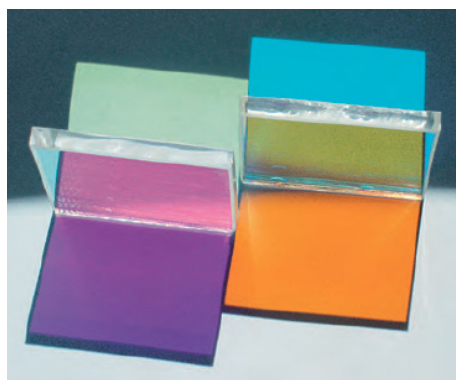


Fig. 54: Reflexão de diferentes cores de um vidro Dichroic sobre papel branco



Fig. 55: Vidro Dichroic em copos de vidro



Fig. 56: Nota com impressão de tinta oticamente visível.

# 14. APLICAÇÃO DE MATERIAIS CROMOATIVOS NO DESIGN

*“We can’t shape what we don’t understand, and what we don’t understand and use ends up shaping us ... So if we are to live in a world made of smart materials, we should know and understand them.” Catarina Mota*

Os materiais cromoativos estão a entrar muito lentamente no nosso mundo, uma vez que são produtos difíceis de obter em pequenas quantidades e dos quais não dispomos de muita informação sobre a forma de como são feitos e de como usá-los no desenvolvimento de produtos. Mas, no entanto, existe uma abundância enorme de chances que a indústria do design deveria utilizar como uma factor de oportunidade na produção e criação de produtos mais inovadores e competitivos.

O desenvolvimento tem proporcionado novas questões e aberto novos campos de investigação colocando novos desafios relativamente à experiência do utilizador-objeto e novas questões na aquisição de conhecimento e desenvolvimento de competências dos designers, de forma a explorar vantagens e possibilidades de integração destes materiais em interfaces de alta performance.

Materiais cromoativos, ao contrario dos comuns, podem ter diversas cores e aparências e caracterizam-se pela autonomia, reversibilidade e eventual repetição através da sua sensibilidade da aplicação de diferentes campos de energia, e, por isso adicionam novas variáveis e desafiam uma nova adequação das ferramentas utilizadas até hoje no processo do design para a projecção de objetos.

Materiais cromoativos são instrumentos úteis, funcionais, estéticos e comunicativos, potencialmente promissores para a inovação orientada para o design. Eles, permitem realizar alterações de cor e sinais visíveis em certas condições ambientais, que normalmente não são visíveis aos nossos olhos. Esta possibilidade de criar elementos cinéticos e produtos dinâmicos que mudam a sua expressão ao longo do tempo, tem a capacidade de surpreender e provocar curiosidade nas pessoas, pois à primeira vista, tem um aspecto, que muda radicalmente com a presença de um estímulo externo, que o utilizador não conhece e não está a espera, contribuindo para uma maior inovação e interação entre o produto e o utilizador.

Estes materiais são instrumentos úteis para elevar o valor expressivo dos objetos e ambientes, desde a cor à transparência, oferecem novas oportunidades e exigências estéticas e novas possibilidades para a experiência emocional dos utilizadores. Estes materiais podem ter uma aplicação valiosa nas área das artes, quer no design gráfico e de produto, esculturas ou arquitetura.

Estes materiais pela sua característica expressiva e de mutação, mostram claramente um potencial promissor para a inovação orientada para o design, permitindo que o produto tenha capacidades funcionais e integre inteligência, autonomia e multi-funcionalidade.

Estes materiais são relativamente desconhecidos do utilizador final, o que cria uma oportunidade para o designer desenvolver produtos com novos significados.

O material é visto como uma parte do produto, que conta uma história, ou como um meio para desencadear sentimentos no utilizador. Em virtude disto, novos materiais são fontes de inspiração para designers de produto devido ao fato de surgirem novas soluções visuais, táteis, esculturais e espaciais, permitindo criar produtos que se encaixem melhor nos hábitos e rituais do utilizador. (Norman, 2004)

Quando os materiais e as tecnologias mudam, o mesmo acontece com o processo em design. A secção seguinte discute uma série de casos – produtos, projetos, conceitos e experiências utilizando materiais inteligentes, que exploram novos territórios do design, funções e oportunidades em diferentes áreas do design, como o produto, interior, moda e comunicação, e que são úteis para entender a natureza funcional e expressiva destes materiais para obter resultados.

## 14.1. APLICAÇÃO DE MATERIAIS INTELIGENTES NO TÊXTIL | TÊXTEIS INTELIGENTES

Atualmente têm se verificado uma tendência para o desenvolvimento de têxteis inteligentes que incorporam as mais diversas tecnologias, e que permitem o desenvolvimento de novas fibras. (Tao, 2001)

Os têxteis inteligentes são portadores de capacidade singulares que não se encontram nas fibras convencionais. São materiais que estão aptos a sentir e a responder de maneira controlada ou prevista aos estímulos do meio ambiente, que podem ser de origem elétrica, térmica, química, magnética ou outras. Como resposta diretas a esses estímulos, estão as mudanças na forma, cor, geometria, volume e outras propriedades físicas visíveis, podendo responder também de forma indireta, que inclui mudanças a nível molecular, magnético ou eléctrico.

O primeiro material rotulado como têxtil inteligente, foi um fio de seda com tratamento de memória de forma, por Otsuka and Wayman, em 1999. No últimos anos, os novos materiais têxteis, têm sido aplicados em diversas áreas de engenharia, pois representam um enorme potencial como ferramenta para monitorização, de segurança e conforto para o utilizador. No futuro, as roupas serão, também, uma infraestrutura de comunicação, fornecendo de forma imperceptível as informações geradas para monitorizar áreas como saúde e/ou emoções.

Os e-texteis são materiais que combinam a eletrónica com o tecido, de forma a torná-lo mais útil e inteligente. Tiveram início na década de 80, e atualmente já é possível integrar as propriedades tecnológicas diretamente nas fibras dos tecidos, tornando-as inerentes ao tecido desde a sua fabricação.

As roupas podem ser consideradas como a nossa segunda pele, pois são um elemento tão comum que se encontra presente em praticamente todas as atividades humanas. A funcionalidade dos têxteis inteligentes passa por recolher a informação do utilizador ou do meio circundante e processar a informação recolhida para reagir a diversas necessidades e proporcionar comodidade. Graças a essa tecnologia, a informação que é obtida pelo simples contato da pele – como a pele de galinha, humidade, variações de temperatura, pulsação, tornam o tecido objetivamente mensurável e permitem uma interação com o ambiente.

Novas soluções têm sido criadas para acrescentar valor aos substratos têxteis através do incremento de diferentes funcionalidades. Alguns exemplos são os fatos de mergulhadores ou os tecidos e mantas térmicas, que regulam a temperatura do corpo e impedem que este arrefeça. Fatos que lêem a frequência cardíaca e respiratória, fatos capazes de proteger o corpo contra algumas agressões exteriores, roupas que libertam materiais ativos, como anti-transpirante, antibacteriano ou hidratante para a pele humana. Uniformes com fibra ótica integrada para monitoração de soldados, uso de eléctrodos têxteis para monitorizar a atividade cardio-pulmonar, e uso de tecidos termo e piezoresistivos para medição de variações térmicas e parâmetros biomecânicos.

## CASOS DE ESTUDO | TÊXTEIS INTELIGENTES

**1.** Linda Worbin é investigadora na área dos têxteis e design de interação na Escola Sueca de Têxteis, e tem vindo a explorar a aplicação de materiais inteligentes na criação de têxteis interativos.

Fabrication Bag (figura 57) é um saco e mala, com um padrão estático, mas ao mesmo tempo dinâmico, que muda de cor através de informações digitais recolhidas por telemóvel.

O projeto utiliza tintas termocrómicas, com pigmento sensível à variação de 27°C de temperatura e sensores. A tinta é aplicada sobre um tecido de algodão e varia em cinco cores diferentes. No interior do tecido encontra-se um sistema inteligente com um fio condutor que controla a mudança de cor através de um programa e microcontrolador BX24.

A mala foi desenvolvida como um acessório para telemóvel, capaz de traduzir os sons e a vibração numa mudança de cor dos pontos cinzentos na mala para coloridos como alerta da notificação na recepção de chamadas ou mensagens de texto. Quando uma chamada é detectada são ativadas diferentes áreas das manchas do saco a fim de causar um aquecimento localizado nas zonas de impressão da tinta termocrómica.

O projeto sugere e exemplifica novos comportamentos de padrões têxteis, bem como a interação com telemóveis e esta relação entre os dados e a expressão visual é capaz de induzir novas possibilidades de design visual.

**2.** Sue Ngo é designer de interação e Nien Lan é um programador, juntos criaram uma série de camisolas de monitorização de alerta da poluição (figura 58), inspirados no hypercolour t-shirts dos anos 80 e 90.

A “Warning Signs” é, um conjunto de peças de vestuário capazes de emitir sinais visíveis de poluição do ar, normalmente sobre a forma de gases voláteis orgânicos invisíveis. As camisolas apresentam a imagem de uns pulmões ou de um coração feitos de tecido termocrómico que emite sinais de alerta, como o aparecimento de veias no tecido, inicialmente não visíveis, que subtilmente mudam de cor para azul-cinzentos, para indicar que o monóxido de carbono - CO está a entrar no corpo e a atingi-lo.

Estas transformações são possíveis graças a um sistema inteligente composto por um sensor de gás MQ-7 que detecta a presença de gás nas proximidades, numa gama de 20 a 2,000 ppm (partes por milhão), um fio resistivo para o aquecimento, fios conectores e micro-controlador escondido entre duas camadas do tecido termocrómico.





Fig. 57: Fabrication Bag, Hanna Landin e Linda Worbin, 2005

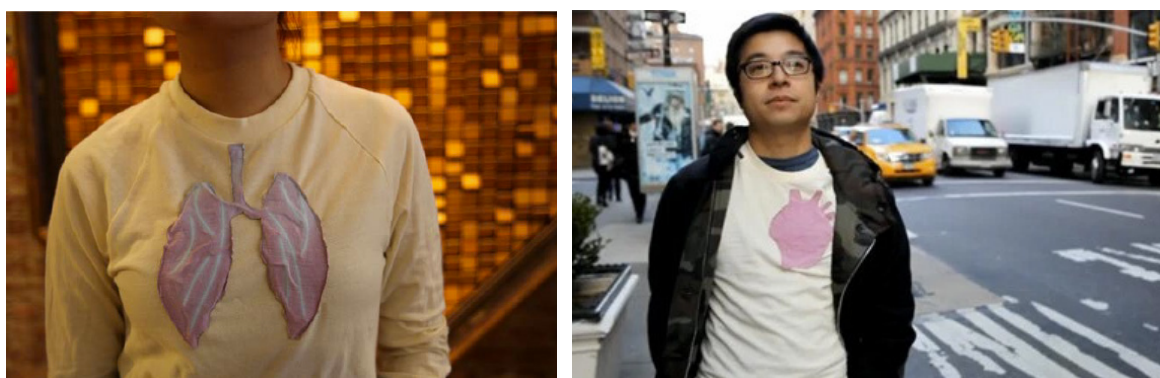


Fig. 58: Pollution monitoring fashion - “Warning Signs” de Sue Ngo e Nien Lam, New York, 2011

**3.** Puddlejumper (figura 59) faz parte de um projeto desenvolvido pelo MIT , desenhado por Elise Co, que justapõe eletricidade e água, numa capa para a chuva capaz de adquirir um brilho luminescente em resposta as gotas da chuva, Na sua constituição estão lâmpadas eletroluminescentes ligadas a sensores de água no interior do casaco. Quando a água atinge um dos sensores, os indicadores luminosos acendem, criando um padrão de cintilação que reflete o ritmo das chuvas. A capa para a chuva faz lembrar os projetos retro-futuristas de Pierre Cardin e André Courrèges nos anos sessenta, incorporando o comportamento computacional para além da noção estética.

**4.** Estúdio de moda The Unseen produziu uma gama de acessórios extravagantes que alteram as suas cores em respostas às mudanças ambientais, e que parecem autênticas esculturas vestíveis (figura 60). Para conseguir o efeito, são utilizadas cinco tintas reactivas especialmente desenvolvidas para esse fim, com propriedades termocrómicas. Os acessórios criados tem a sua própria formula, e cada qual foi concebido para transmitir experiências diferentes ao utilizador, possibilitando uma maior interação produto-utilizador. Na coleção existe um casaco escultural que muda de cor dependendo do humor do utilizador.

**5.** Bowker criou uma coleção de peças de moda feitas com penas que incorporam tintas que mudam de cor face a diferentes condições climáticas, como a luz, calor, fricção (figura 61). A coleção oferece uma linguagem inovadora dentro da comunicação visual.

O efeito é conseguido através de tinta  $\text{PdCl}_2$  com corante, capaz de reagir à presença de emissões de carbono e que apresenta uma mudança de cor reversível do amarelo ao preto.

Estas tintas para além de permitirem fazer uma coleção de moda incrível, o conceito aborda questões na saúde como o resultado do tabagismo passivo, e pode vir a ter diversas aplicações na indústria médica.

**6.** Cute Circuit é um atelier de design interativo e um laboratório de investigação na Itália, que desenvolveu diversos vestuários mutáveis.

O projeto inclui a saia Skirteleon, capaz de mudar a sua cor e o padrão dependendo da atividade física e do espírito da pessoa que o veste. Por exemplo, durante a manhã a saia assume a cor azul. Se a pessoa se encontrar com amigos aparece o desenho de animais. E durante um jantar elegante, surgirá um padrão japonês na saia.

Isto acontece devido a materiais termocrómicos que estão incorporados no tecido.



Fig. 59: Puddlejumper



Fig. 60: Acessórios de moda da marca The Unseen



Fig. 61: Bowker - Coleção de roupa que reage à poluição do ar





# QUALIDADE DO AR INTERIOR

*“Let us not take this planet for granted” Leonardo Di Caprio; Oscar 2016*

# 1. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A poluição atmosférica refere-se às mudanças que ocorrem na atmosfera com impacto negativos a nível ambiental e na saúde humana, através da contaminação por substâncias, denominadas poluentes atmosféricos, que existem na forma de gases no estado sólido ou líquido, e são uma ameaça para a saúde humana e para o meio ambiente.

Segundo a WWF – World Wide fund for Nature, a pegada ecológica está a aumentar mais rapidamente que o crescimento da população. Cerca de 70 % da pegada ecológica da humanidade deve-se à emissão de carbono para a atmosfera terrestre, derivando de alterações climáticas que são a principal ameaça do século XXI.

Os países industrializados geram milhões de toneladas de contaminantes que são transportados através da atmosfera, causando ou contribuindo para a má qualidade do ar no planeta. (figura 62)



Fig. 62: Poluição atmosférica em Wuhan, na China

Os efeitos da exposição à poluição atmosférica dependem essencialmente das concentrações dos poluentes e do tempo de exposição. Exposições prolongadas a concentrações baixas de poluentes podem ser mais nocivas do que exposições de curta duração a concentrações elevadas.

Os poluentes atmosféricos mais comuns que causam impactos no campo ambiental, são o monóxido de carbono, o dióxido de enxofre, os óxidos de nitrogénio, o ozónio, o dióxido de carbono ou as partículas em suspensão e tem ação direta no aquecimento global, na degradação de ecossistemas e na queda de chuvas ácidas. E, os poluentes que afectam de forma significativa a saúde humana são o ozono, o dióxido de carbono e as partículas em suspensão, e estão relacionadas com a qualidade do ar que respiramos, que é uma componente ambiental determinante, em particular para a saúde pública.

As emissões de numerosos poluentes atmosféricos, tem origem em fontes naturais e antropogénicas. Nas fontes naturais, são responsáveis as poeiras e neblina, o metano emitido no processo digestivo dos animais, a decomposição de matéria orgânica, queimas naturais, atividade vulcânica e microbiológica nos oceanos. Nas fontes antropogénicas, que são causadas pelo homem, os principais responsáveis são as fabricas e indústrias, locais que utilizam a queima de combustíveis fósseis ou de biomassa para a produção de energia, tratamento de resíduos, exploração mineira, veículos de transporte, e produtos como tintas, solventes e aglomerados.

Segundo o ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, por ano, são destruídos 6 milhões de hectares de florestas por desmatamento, outros 6 milhões de hectares por agricultura intensa, outros 6 milhões de hectares perdidos por desertificação, e infelizmente apenas 17% no nosso planeta permanece inalterado pelo ser humano. Consequentemente cerca de 20,000 espécies são extintas por ano devido a estas mudanças de habitat.

Esta é uma questão que se coloca a nível local e mundial, e é essencial, orientar esforços para a redução das emissões de modo a garantir a proteção da saúde e do ambiente.

Em 2015 vários países ultrapassaram os limites de emissão, como podemos ver através do mapa na figura 63.

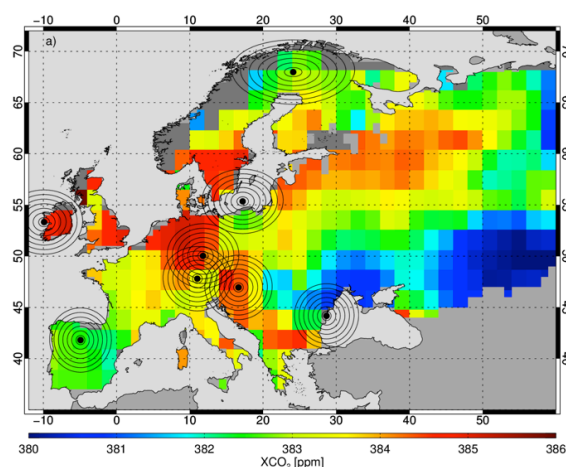


Fig. 63: Concentração de dióxido de carbono na Europa, em Janeiro 2015.  
Fonte: <https://www.co2.earth/>

A AEA-Agência Europeia do Ambiente é o centro de dados sobre a poluição atmosférica da UE, e contribui para a validação de políticas no domínio da poluição atmosférica e estratégias para melhorar a qualidade do ar na Europa. Segundo o Relatório “National Emission Ceilings Directive Status 2014”, realizado pela Agência Europeia do Ambiente, conclui-se que, em 2013, a União Europeia ultrapassou os limites de emissões de poluentes atmosféricos. No entanto, Portugal apresentou comportamento positivo em todos os poluentes.

E, de acordo com um estudo da OMS- Organização Mundial de Saúde, em 2014, a poluição atmosférica causou a morte a mais de 7 milhões de pessoas num mundo em 2012. Estima-se, também, que as partículas suspensas finas na atmosfera reduzam a esperança de vida na UE em mais de oito meses.

Apesar das melhorias significativas nas últimas décadas, ainda persistem problemas de poluição atmosférica com repercussões na saúde humana e nos ecossistemas, principalmente ao nível dos poluentes, PM10, O3 e NO2, em particular em zonas urbanas densamente povoadas.

Cerca de 90% dos cidadãos europeus encontram-se expostos a poluentes em concentrações superiores aos níveis de qualidade do ar considerados prejudiciais para a saúde. A gravidade do impacto da exposição prolongada a estes poluentes varia, desde danos causados no sistema respiratório e, em casos extremos, conduzem a doenças mais graves e até a morte.

A tabela 5 mostra os principais poluentes atmosféricos e as suas consequências na saúde e no meio ambiente.

TIPOS DE POLUENTES	EMIÇÃO	CONSEQUÊNCIAS
Monóxido de carbono - CO	Gás incolor, inodoro e tóxico, produzido pela queima não completa de combustíveis	Causa interferência no transporte de oxigénio no nosso corpo, podendo levar à asfixia.
Dióxido de carbono - CO <sub>2</sub>	Gás derivado do processo natural da respiração dos seres vivos. No processo de decomposição e na queima de combustíveis fósseis.	É um dos principais causadores do efeito de estufa, uma vez que absorve parte da radiação emitida pela superfície da terra, retendo o calor, e resultando de um aumento geral da temperatura.
Clofluorocarbonos – CFCs	São emitidos a partir de produtos como aparelho de ar condicionado, refrigeradores, sprays, entre outros. CFC venha sendo cada vez menos utilizado.	Quando em contacto com outros gases, os CFCs causam danos na camada do ozono, sendo os grandes responsáveis pelo buraco, permitindo assim que os raios ultravioletas alcancem a superfície da Terra, causando problemas como cancro da pele.
Óxido de enxofre - SO <sub>x</sub>	É produzido em diversos processos industriais e atividades vulcânicas centrais energéticas que queimam carvão ou petróleo.	Na atmosfera o dióxido de enxofre – SO <sub>2</sub> , forma o ácido sulfúrico, causando chuvas ácidas.
Óxido de Nitrogénio NO <sub>x</sub> .	São gases altamente reativos, formados durante a combustão pela acção microbiológica ou por raios.	Na atmosfera, o NO <sub>x</sub> reage com os VOCs e CO, produzindo ozónio troposférico e ácido nítrico, que contribui para a chuva ácida.
Compostos Orgânicos Voláteis - COVs	São químicos orgânicos emitidos por várias fontes, que incluem a queima de combustíveis fósseis, atividades industriais e queimadas.	Alguns COVs são poluentes cancerígenos e contribuem para o efeito de estufa.
Amónia - NH <sub>3</sub>	É emitida principalmente pela agricultura devido ao uso de fertilizantes.	Na atmosfera, o amónia reage formando poluentes secundários.
Partículas Suspensas	São partículas finas de sólidos ou líquidos suspensos. São produzidas naturalmente ou em atividades industriais, exploração mineira, combustão de combustíveis fósseis, etc.	Na atmosfera, o material causa danos à saúde, como problemas respiratórios e do coração.

Tabela 5: Principais poluentes atmosféricos e as suas consequências na saúde e no meio ambiente  
Fonte: Autor, segundo dados recolhidos da CCDR LVT

## 2. ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR - QAI

QAI é um índice de qualidade do ar dentro e fora dos edifícios, e foi desenvolvido pela EPA- Agência dos Estados Unidos para a Proteção Ambiental e estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e os seus efeitos associados à saúde do ser humano. O índice foi calculados em função dos cinco principais poluentes atmosféricos regulamentados, a camada de ozono ao nível do solo, poluição de partículas, monóxido de carbono, dióxido de enxofre e dióxido de azoto.

Uma má qualidade do ar pode originar:

- Efeitos imediatos (odores desagradáveis)
- Efeitos a curto prazo (irritações e infecções ao nível das vias respiratórias, da pele, dos olhos)
- Efeitos a médio / longo prazo, como é o caso extremamente grave do tumor dos pulmões.

A especificação da qualidade do ar interior num compartimento ou edifício é avaliada de modo a satisfazer simultaneamente dois critérios, o primeiro diz respeito à saúde e ao risco a que os ocupantes estão sujeitos ao respirarem o ar num compartimento fechado, e o segundo é um critério sensorial que diz que o ar deve ser fresco e agradável. (Pinto, 2000)

Para obter uma boa QAI, as concentrações dos diversos poluentes devem ser inferiores aos valores limites definidos como perigo para a saúde, e para isso é necessário sobretudo ter uma boa ventilação do espaço.

A tabela QAI (tabela 6) apresenta valores que variam de 0 a 300, em que 300 corresponde a um nível alto de poluição do ar e uma preocupação com a saúde, enquanto que valores abaixo de 100, são geralmente considerados satisfatórios. Os requisitos presentes no QAI devem ser ponderados de modo a fornecer padrões de qualidade em termos de saúde e conforto.

AQI	Nível	Implicações na Saúde
0-50	Bom	A qualidade do ar é considerada satisfatória e a poluição do ar representa pouco ou nenhum risco.
51-100	Moderada	A qualidade do ar é aceitável, no entanto, pode haver um problema de saúde moderada em pessoas que são mais sensíveis à poluição do ar.
101-150	Insalubre para grupos sensíveis	Em pessoas mais sensíveis pode apresentar efeitos na saúde, embora o público em geral não é susceptível de ser afectado.
151-200	Pouco saudavel	A população sente os efeitos na saúde; membros de grupos sensíveis podem apresentar efeitos mais sérios de saúde.
201-300	Muito pouco saudável	Advertências de saúde de situações de emergência. Toda a população é mais susceptível de ser afectada.
+300	Perigoso	Efeitos graves para a saúde.

Tabela 6: QAI - Air Quality Index.

Fonte: <http://aqicn.org/> permite visualizar os valores da poluição do ar no mundo em tempo real.

### 3. CO<sub>2</sub> - PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL

As emissões de CO<sub>2</sub> são um fator de peso no aquecimento global e representam cerca de 80% do conjunto de gases responsáveis pelo efeito de estufa e pelas consequentes alterações climáticas.

O CO<sub>2</sub> está presente na atmosfera com valores médios de concentração entre 300-400 ppm. Embora, segundo os dados de NOAA - Mauna Loa Observatory no Hawaii, o valor de concentração de CO<sub>2</sub> tem vindo a aumentar de forma preocupante. Em 2014 o nível de CO<sub>2</sub> na atmosfera ultrapassou os 400ppm, pela primeira vez em 3,5 milhões de anos. Em 2015 verificou-se uma subida de 0,7% em relação ao ano anterior, e em Março de 2016, o registo é de 404,84 ppm.

O gráfico 1 mostra a gradual subida da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera desde 1750 ao ano de 2016.

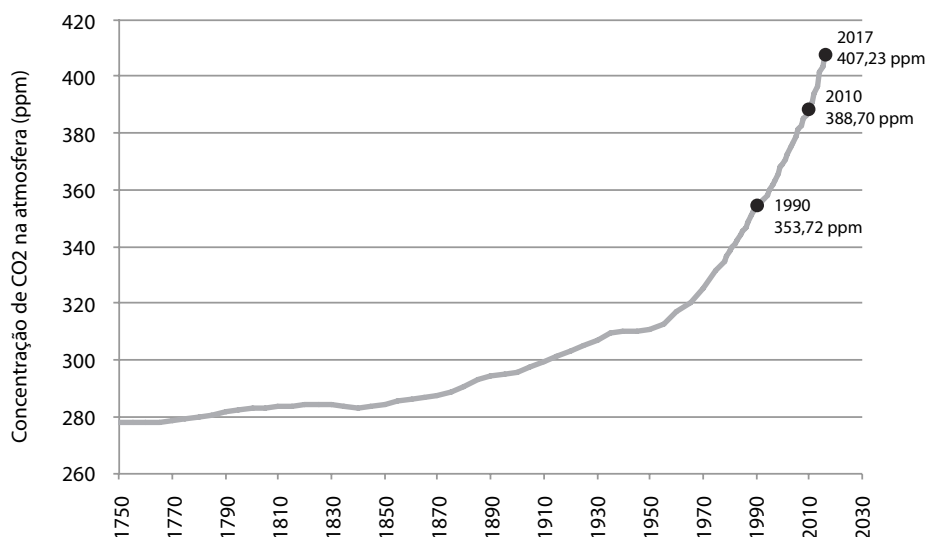


Gráfico 1: Níveis médios anuais de concentração atmosférica global de dióxido de carbono de 1750 a 2016. Medições do Observatório Mauna Loa (MLO) na Ilha Grande do Havai EUA

Existem vários factores que contribuem para este problema, como as condições climáticas, o crescimento económico, a dimensão de população, os transportes e as atividades industriais.

Segundo as estimativas do Eurostat, na união Europeia, Malta e Estónia são os países com as maiores quedas de emissões de CO<sub>2</sub>, enquanto que Portugal e Eslováquia apresentam os maiores aumentos, de cerca de 9% de emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da queima de combustíveis fósseis.

## 4. QUALIDADE DO AR INTERIOR

A qualidade do ar interior assume um papel central na saúde e no conforto do ser humano.

Um relatório de 1995, da Organização Mundial da Saúde, descreve que mais de um terço dos edifícios estão classificados como “edifícios doentes”.

A U.S Environmental Protection Agency (EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), visitou vários edifícios públicos, como escritórios, hospitais, creches e identificou mais de 900 poluentes no ar, classificando a qualidade do ar interior como entre os cinco maiores riscos para a saúde pública.

A população em geral, sobretudo a residente em áreas urbanas, passa 80 a 90% do seu tempo em espaços interiores, como apartamentos, locais de trabalho, zonas comerciais ou de lazer, onde as concentrações de poluentes podem ser significativamente superiores às observadas no exterior e com maior impacto na saúde e na qualidade de vida.

As preocupações associadas aos efeitos da qualidade do ar na saúde pública têm geralmente em conta a poluição atmosférica, no exterior dos edifícios. No entanto, em espaços interiores, as fontes associadas aos materiais de construção, de revestimento e de mobiliário, a utilização de produtos de limpeza, a ocupação humana bem como a deficiente ventilação e renovação do ar, são alguns dos contributos para que, tanto o número de poluentes como a sua concentração sejam, em geral, muito mais elevados do que no ar exterior.

A maioria dos poluentes que se encontram em espaços interiores, são gases incolores e inodoros, que não são detetáveis pelo ser humano, e que podem ter diversas origens, o que os torna difíceis de identificar e quantificar. Estas substâncias, dependendo das suas características e da sua concentração, podem ter efeitos sobre o bem-estar dos ocupantes, não sendo normalmente percebidos mas tem consequências a médio e longo prazo.

No geral, pode-se classificar os contaminantes do ar interior em três tipos principais:

- Químicos, como partículas suspensas (PM<sub>x</sub>) dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), formaldeído (HCHO), fumo do tabaco, compostos orgânicos voláteis (COVs), óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), e o radão.
- Físicos, salientam-se os factores de ambiente, como a temperatura, humidade, velocidade do ar e pluviosidade
- Biológicos, podem incluir-se as bactérias e os fungos

## 4.1. PRINCIPAIS POLUENTES NO INTERIOR DOS EDIFÍCIOS

Dentro das nossas casas, existe a emissão de produtos químicos e tóxicos desagradáveis para a nossa saúde, como por exemplo os VOCs - componentes orgânicos voláteis, ou poluentes mais comuns como o pólen, bactérias, mofo e vários contaminantes. Os VOCs são principais componentes químicos responsáveis pela poluição do ar interior, pois, normalmente encontram-se em concentrações superiores às do exteriores, e estão presentes em diversos tipos de materiais sintéticos, que se transformam em gás ao entrar em contacto com a atmosfera. (Spengler, 2001)

### 4.1.1 VOCS - COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

Os VOCs estão presente nos materiais utilizados no revestimento interior dos edifícios, tais como aglomerados de madeira, colas, solventes e tintas. Além disso, também podem ser encontrados em produtos de limpeza e fumo de tabaco.

As moléculas dos VOCs, devido à elevada volatilidade, vão sendo libertadas ao longo do tempo e passam para o ar interior respirável dos ocupantes, constituindo um dos principais factores da má qualidade do ar responsável pela síndrome dos “Edifícios Doentes”.

Os VOCs consistem em centenas de diferentes compostos, o que torna difícil fazer uma análise e avaliação precisa dos riscos e efeitos sobre os seres humanos. Apesar do formaldeído estar incluído no grupo dos COVs, é referido separadamente devido aos seus efeitos nocivos na saúde e à utilização de um método diferente de medição da concentração.

Os VOCS mais comuns em ambientes de interior são o amoníaco, tricloretileno, benzeno, fenol e o tolueno ou xileno. (Spengler, 2001)

### 4.1.2 FORMALDEÍDO

É um gás incolor com um odor forte que é facilmente detectado pelo ser humano. É muito utilizado em cosméticos, produtos de higiene pessoal, embalagem de alimentos. A sua concentração media no ambiente interior em edifícios varia entre 0,03 mg/m<sup>3</sup> (0,02ppm) e 0,06mg/m<sup>3</sup> (0,05ppm).

Encontra-se em tintas de impressão, borracha, couro, no fumo de cigarros e carros. É utilizado em vários materiais de construção e também em móveis, vidros, espelhos, sacos, toalhas, tecidos sintéticos, guardanapos, lenços de papel e papel higiénico. (Awbi, 2003)

Sintomas associados com a exposição a curto prazo incluem irritação no nariz, boca e garganta, e em casos graves, edema da laringe e nos pulmões. É um composto cancerígeno altamente tóxico.



### 4.1.3 PMX - PARTÍCULAS SUSPENSAS NO AR

São partículas constituídas por uma mistura de compostos sólidos ou líquidos, químicos ou biológicos, que podem ter vários tamanhos e formas, podem transportar organismos vivos como vírus (0,003 a 0,06  $\mu\text{m}$ ), fungos (2 a 10  $\mu\text{m}$ ) e bactérias (0,4 a 5  $\mu\text{m}$ ). São provenientes do fumo do tabaco e de produtos de combustão e tem efeitos muito diversos sobre o organismo humano. Segundo a EPA (2009), a exposição a PMx está associada a uma série de efeitos graves na saúde, nomeadamente, doenças pulmonares, asma e outros problemas respiratórios.

Os efeitos adversos para a saúde dependem de vários fatores, como a concentração dos poluentes, a forma e a duração da exposição aos mesmos. E, apesar dos danos causados à saúde, não existe nenhum protocolo sobre como evitá-los.

A lista seguinte informa sobre as principais substâncias tóxicas que podemos encontrar no ar e os problemas que elas podem causar à saúde do ser humano.

Em Portugal, as concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios são fixadas por lei.

A tabela 7 apresenta os valores de concentração máxima de referência para seis poluentes químicos presentes na atmosfera, segundo a legislação nacional, Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril (âmbito de aplicação: edifícios de serviços e alguns edifícios de habitação (sistemas de climatização com  $P > 25\text{kW}$ ))

Poluente	Formula química	Valores máximos de referência
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	1800 mg.m <sup>-3</sup> / 1000 ppm
Partículas em suspensão	PM <sub>10</sub>	0,15 mg.m <sup>-3</sup> (150 $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
Compostos orgânicos voláteis	VOC	0,6 mg.m <sup>-3</sup>
Monóxido de carbono	CO	12,5 mg.m <sup>-3</sup>
Ozono	O <sub>3</sub>	0,2 mg.m <sup>-3</sup>
Formaldeído	CH <sub>2</sub> O	0,1 mg.m <sup>-3</sup>

Tabela 7: Concentrações máximas de referência de poluentes químicos no interior de edifícios em Portugal de acordo com o RSECE (RSECE, 2006)

A Tabela 8 apresenta os factores de conversão de gases em fracções molares em parte por milhão (ppm) para concentrações (mg.m<sup>-3</sup>) normalizadas à temperatura de 293 K e à pressão de 101,3 KPa.

Parâmetros	Factores de conversão
Dióxido de carbono - CO <sub>2</sub>	1ppm = 1,83 mg.m <sup>3</sup> 1 mg.m <sup>3</sup> = 0,54 ppm
Ozono - O <sub>3</sub>	1ppm = 2 mg.m <sup>3</sup> 1 mg.m <sup>3</sup> = 0,5 ppm
Formaldeído - HCHO	1ppm = 1,25 mg.m <sup>3</sup> 1 mg.m <sup>3</sup> = 0,8 ppm
Monóxido de carbono - CO	1ppm = 1,164 mg.m <sup>3</sup> 1 mg.m <sup>3</sup> = 0,86 ppm

Tabela 8: Conversão de gases em fracções molares em parte por milhão (ppm) para concentrações (mg.m<sup>-3</sup>)

## 4.2. CONTRIBUIÇÃO DA ACTIVIDADE HUMANA PARA POLUIÇÃO DO AR INTERIOR

A respiração expelida pelos ocupantes é a principal fonte de CO<sub>2</sub> no interior de um espaço. O processo metabólico do ser humano requer em média 0,1l/s a 0,9 l/s de oxigénio e liberta CO<sub>2</sub> a uma taxa de cerca de 0,3 l/min durante a execução de tarefas em locais de trabalho como escritórios. Além do CO<sub>2</sub> é também libertado vapor de água, aldeídos, ésteres e álcoois.

Os odores são resultantes dos biofluentes humanos e das atividades inerentes, associadas à ocupação de um espaço como, a preparação de alimentos, produção de lixo e utilização das instalações sanitárias. Além disso, o homem produz odores pelos suor e secreções sebáceas através da pele e do sistema digestivo.

Os critérios de saúde devem ter em consideração a exposição dos ocupantes aos poluentes no espaço interior, o que implica saber identificá-los e saber quais são as suas origens. (Viegas, 2000) Existem varias atividades que atuam como fontes de poluentes, como é exemplo:

- Atividade fisiológica humana que produz dióxido de carbono, vapor de água e odores;
- Preparação de alimentos, principalmente devido à combustão de equipamento a gás ou lareiras;
- Lavagem e secagem de roupa;
- Utilização de instalações sanitárias;
- Uso de produtos de limpeza e desinfecção;
- Vapores originados por materiais de construção e mobiliário.

## 4.3 CO<sub>2</sub> COMO INDICADOR DE QUALIDADE DE AR INTERIOR

A concentração de CO<sub>2</sub> é normalmente maior em espaços fechados, e varia de acordo com o local, ocorrência, hora do dia, ventilação dos edifícios, e do numero de pessoas e nível de atividade física que ocorre. Normalmente os níveis médios de CO<sub>2</sub> encontrados num espaço interior variam entre 600 ppm e 800 ppm, o dobro da concentração no ar atmosférico exterior, e sugerem uma ventilação insuficiente e concentrações elevadas de poluentes no ar.

O CO<sub>2</sub> é um gás, que geralmente não apresenta níveis prejudiciais à saúde do ser humano, mas que é frequentemente utilizado para medir e calcular a taxa média de renovação do ar, e pode ser utilizado como um bom indicador do nível de poluição em ambientes interiores, quando a principal fonte de poluição do ar interior são os biofluentes humanos.

A OMS- Organização Mundial de Saúde não define um valor limite para a concentração de CO<sub>2</sub> em espaços interiores, pois o CO<sub>2</sub> não é considerado um gás tóxico. No entanto, vários estudos em edifícios com sistemas de ventilação mecânica para diferentes taxas de ocupação indicaram que concentrações de CO<sub>2</sub> acima dos 1000 ppm indicam um fornecimento inadequado de ar fresco, sendo classificado de ambiente

“pesado” (Persily, 1997), e que concentrações iguais ou superiores a 600 ppm são já razão de alerta para a saúde humana. Para uma concentração exterior de 350 ppm, o valor limite recomendado equivale a uma concentração de 1050ppm.

Actualmente, para efeitos de conforto no que diz respeito aos biofluentes humanos, a norma 62 da ASHRAE recomenda um valor limite de concentração de CO<sub>2</sub> de 700 ppm acima do valor registado no exterior (ASHRAE - EUA, 2001).

Na legislação portuguesa o valor de referência definido pelo RSECE, para concentração máxima de CO<sub>2</sub> no interior é de 1800mg.m<sup>-3</sup>, valor correspondente a aproximadamente 1000ppm.

A tabela 8, apresenta os valores limites de concentração de CO<sub>2</sub> recomendados pela NIOSH, OSHA, ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), comparativamente aos registados no decreto de lei anterior- lei n°79/2006, que é muito mais exigente, em termos de valor limite.

Entidade	Limite de exposição
NIOSH 2000 (REL)	TWA – 5000 ppm / 9000 mg.m <sup>-3</sup> STEL – 30000 ppm / 54000 mg.m <sup>-3</sup>
OSHA 2002 (PEL)	TWA – 1000 ppm / 9000 mg.m <sup>-3</sup> STEL – 30000 ppm / 54000 mg.m <sup>-3</sup>
ACGIH (TLV)	TWA – 5000 ppm / 9000 mg.m <sup>-3</sup> STEL – 30000 ppm / 54000 mg.m <sup>-3</sup>
Decreto de lei n°79/2006	Concentração máxima – 1000 ppm /1800 mg.m <sup>-3</sup>

TWA – Thresold Weighted Average  
STEL – Short Term Exposure Level

Tabela 9: Valores limites de concentração de CO<sub>2</sub>

## 5. O PAPEL DAS PLANTAS NA PURIFICAÇÃO DO AR

A natureza é a principal fonte responsável pela produção de oxigénio e de renovação do ar atmosférico exterior.

Um método simples e possível de amenizar os problemas da poluição em espaços interiores, é através do cultivo e da utilização de plantas dentro das habitações, uma vez que as plantas são poderosos filtros naturais contra a poluição e podem ajudar a solucionar muitos problemas relacionados com a qualidade do ar interior.

As plantas de interior não só reciclam o dióxido de carbono libertando oxigénio, como também absorvem componentes tóxicos pelas suas folhas e raízes.

Desde de 1980, a NASA tem vindo a desenvolver pesquisas em métodos sustentáveis para a limpeza atmosférica interior nas estações espaciais. Após terem descoberto mais de 100 tipos de substâncias poluidores durante as missões da base espacial Skylab, a NASA reuniu-se com vários cientistas e para descobrir soluções para controlar o problema.

Bill Wolverton, ambientalista e investigador da NASA, provou que as plantas possuem uma toxina

natural, com capacidade para absorver toxinas e que podem ser utilizadas como purificadores do ar no interior dos edifícios, tornando o ar mais seguro para os seres humanos.

A primeira lista de plantas capazes de filtrar o ar foi compilada em 1989, no livro “Plants: how they contribute to human health and well-being” (“Plantas, como contribuem para a saúde e o bem-estar”), onde, após uma longa investigação, Wolverton apresenta uma lista das doze plantas que purificam o ar e que são capazes de remover de forma natural os agentes tóxicos e neutralizar os efeitos da síndrome do edifício doente.

Além disso, as plantas são também capazes de prevenir problemas de saúde, como alergias, dores de cabeça, problemas respiratórios, entre outras.

As conclusões da investigação da agência espacial norte americana indicam que para se manter um nível de emissões de acordo com boas normas ambientais, são necessárias cerca de 15 a 18 plantas numa área de 160m<sup>2</sup>.

A tabela 10, enumera as doze plantas de interior de cultivo fácil, capazes de neutralizar a poluição no interior de um espaço, e os tipos de contaminantes do ar que eliminam, tendo em conta o estudo NASA Clean Air Study.

PLANTAS	TIPOS DE CONTAMINANTES DO AR					OBS
	FORMAL-DEÍDO	BEN-ZENO	XILENO + TOLUENTE	AMO-NIACO	TRICLORO-ETILENO	
Hera	x	x	x		x	É considerada a melhor planta filtrador de ar. É eficiente na remoção de CO
Lírio-da-paz	x	x	x	x	x	Absorve os cinco contaminantes de ar analisados pela NASA. É eficiente na absorção de humidade, pelo que deve ser utilizada em espaços onde se lave roupa ou casas de banho
Espada-de-são-jorge	x	x	x		x	É eficiente na absorção de dióxido de carbono durante a noite, por isso pode ser um acessório útil para quartos
Clorofito	x	x	x			É eficiente na remoção de CO, pode ser colocado na cozinha ou perto da lareira.
Dracena	x	x	x		x	
Babosa	x	x				
Jiboia	x	x	x			É eficiente na remoção de CO.
Ráfia	x		x			É eficiente a filtrar amónia, presente em materiais de limpeza, tintas e tecidos, e é capaz de o amoníaco do ar.
Gerbera		x			x	Recomenda-se o seu cultivo em quartos ou lavandarias.
Ficus	x	x	x		x	É eficiente na remoção de CO.
Aranha	x	x	x			É eficiente na remoção de CO.
Bambu	x	x			x	É eficiente na absorção de humidade.

Tabela 10: Lista das 12 plantas de casa purificadores de ar, e os tipos de contaminantes do ar que eliminam.

Fonte: NASA Clean Air Study.

# CASOS DE ESTUDO

**1.** Air Culture é um projeto desenvolvido por Sarah Daher que utiliza cápsulas de vidro em forma de bolhas de ar para cultivar plantas com produtos químicos com valor farmacêutico no seu interior (figura 64).

A ideia é que as plantas sintetizem os compostos químicos como resposta a estímulos ambientais e permitam a extração destes para fornecer benefícios à saúde quando inalado o ar. Daher diz que “No futuro, vamos provar e experimentar o ar da mesma forma que já fazemos com alimentos e bebidas”.

**2.** Filtration Block de Elaine Tong é um sistema de purificação do ar que utiliza plantas para absorver as toxinas presentes no ar (figura 65). O projeto é composto por unidades modulares versáteis que podem ser montadas para criar uma estrutura que funciona como micro-estufa e que contem ventiladores e distribuidor de água ligados entre os módulos.

Os blocos recebem e libertam o ar, absorvendo as toxinas internas.



Fig. 64: Air Culture, Sarah Daher  
Fonte: <http://www.dezeen.com/2015/11/03/sarah-daher-air-culture-concept-plant-lab-vegetalize-dutch-design-week-2015/>



Fig. 65: Filtration Block de Elaine Tong  
Fonte: <http://www.dezeen.com/2009/09/14/andrea-by-mathieu->

**3.** Parrot Flower Power é um pequeno aparelho em forma de ramo que monitoriza e analisa os quatro parâmetros essenciais para a saúde de sua planta – humidade, luz solar, temperatura e fertilizante (figura 66).

O sistema utiliza Bluetooth 4.0 e uma aplicação de android para detectar e informar sobre as necessidades essenciais da planta, recebendo uma notificação de alerta quando é necessário regar ou adicionar fertilizantes no solo da planta para assegurar o seu bom crescimento.

A aplicação possui também um banco de dados PlantDB de 7000 plantas, com fotos e dicas práticas, e faz a análise de dados em tempo real permitindo observar o que acontece no solo da planta.

**4.** “Andrea” é uma pequena estufa móvel desenvolvida pelo designer Mathieu Lehanneur em colaboração com David Edwards, da Universidade de Harvard (figura 67). O vaso funciona como um purificador de ar à base de plantas que ligado a uma tomada, acelera o processo natural da absorção e filtragem do ar por meio da respiração celular da planta. O oxigénio é retirado das folhas, raízes e da humidade da terra e libertado através de um ventilador.

**5.** Aeris é um vaso para plantas que funciona como um purificador de ar doméstico, e foi desenvolvido por Alessio D’Andrea e Vincenzo Vitiello, como uma solução ecológica e inovadora (figura 68).

O vaso é constituído por duas partes, um recipiente interno para colocar a planta e um recipiente exterior com um ventilador de alta velocidade instalado que permite a entrada de ar no interior da planta, e obriga-o a passar através de um substrato de argila expandida e carvão. Devido a este processo, a Aeris pode continuamente produzir oxigénio para o ambiente.

Em 2015, Aeris, evoluiu para o purificador de ar Clairry (figura 69), que segue o mesmo princípio e forma do anterior. Clairry está equipada com sensores inteligentes que permitem ver em tempo real a eficácia da planta em reduzir as toxinas da casa através da nova aplicação Clairry, sendo capaz de filtrar até 93% das toxinas.

Ambas as peças foram feitas a partir de materiais orgânicos, como o barro, madeira e cobre, para dar frescura e calor à planta.

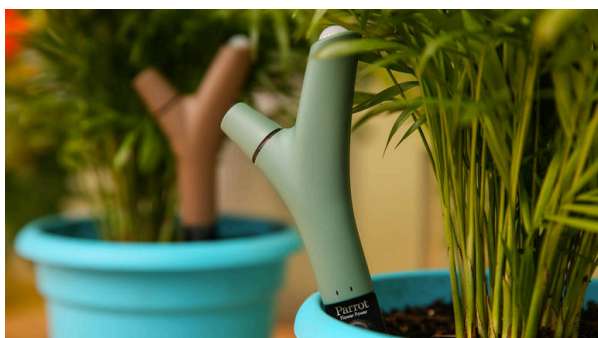


Fig. 66: Parrot Flower Power



Fig. 67: Andrea, Sistema de Purificação de Ar, 2007



Fig. 68: Aeris air purifier



Fig. 69: Clairry air purifier









# DESENVOLVIMENTO DE P R O D U T O

*“Há decerto um momento em que o formalismo se esgota, em que apenas uma nova injeção de conteúdo da forma poderá destruí-lo, abrindo, assim, caminho à inovação.” Henri Lefebvre*

# INTRODUÇÃO

Se o ser humano tomar conta das plantas, estas vão tomar conta do ser humano. Se formos capazes de alimentar e proteger uma planta estamos a permitir que estas nos alimentem e protejam. As plantas realizam a fotossíntese, eliminam compostos poluentes do ar e fornecem-nos oxigénio para respirarmos, tornando o ar mais saudável. Por enquanto este mutualismo de cooperação e interação, ainda conserva um equilíbrio simbiótico entre a Natureza e o Homem.

As plantas são elementos essenciais para a vida do ser humano e têm a vantagem de serem elementos decorativos que podem estar dentro das nossas casa, trazem harmonia e tranquilidade para um espaço tornando o ambiente mais convidativo, e proporcionando ao homem um efeito psicológico sempre positivo.

O cultivo de plantas tem sido uma parte central da vida humana desde há muito tempo atrás, mas ao longo dos anos, essa relação tem vindo a diminuir tornando-se mais comercial do que pessoal. Este sintoma de desapego humano com a natureza expressa um potencial problema na nossa cultura moderna. (Kelly, 1995)

O artificial construído afeta o nosso futuro e o estado catastrófico em que o nosso planeta está. Tudo o que projetamos e a forma como o construímos, é a causa e a consequência da forma como agimos e pensamos.

Neste sentido, pretende-se desenvolver um projeto que demonstre que poderemos beneficiar não só do artificial que compõe a vida da sociedade moderna, como também, aproximar-nos da nossa essência.

A linha de investigação apresentada neste capítulo, demonstrará a pertinência de incluir as plantas no projeto em design de produto, criando ferramentas que potenciem novos modos de interação entre a natureza e o ser humano, através de um artefacto muto-cooperativo.

# OBJETIVO GERAL

*“The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it.” Mark Weiser*

Neste capítulo, faremos uso do design de produto para iniciar um processo de descoberta e elaboração de projeto tendo em conta temas explorados anteriormente.

O conceito do trabalho baseia-se em três paradigmas principais: Incentivar, Inovar e Interagir.

Em primeiro lugar, o projeto tem como objetivo incentivar o cultivo e a utilização de plantas no interior de espaços, de modo a permitir melhorar o ambiente, quer visualmente, quer tendo em conta a preocupação ecológica com a problemática da poluição.

Em segundo lugar, pretende-se que a inovação esteja presente no processo do design. Para que isto aconteça recorreremos às tecnologias e à aplicação de sensores e materiais inteligentes, para criar peças interativas e experiências sensoriais ao ser humano.

Por último, a ideia explorada baseia-se na interação entre o indivíduo e as plantas, de modo, a que cada um, usufrua dos benefícios do outro.

Nesta iteração pretende-se também que o produto, não seja um produto estático, mas que privilegie uma identidade própria, capaz de comunicar e surpreender o utilizador, contribuindo para uma relação mais estreita entre estes.

Com base nestes objetivos, serão desenvolvidos dois projetos, que exploram diferentes possibilidades e áreas de atuação, como o design de interação, design da natureza, materiais inteligentes e tecnologias, a sustentabilidade, preocupação ambiental e qualidade do ar, relacionando-os e abrindo novas formas dos artefactos que interagem com o homem.

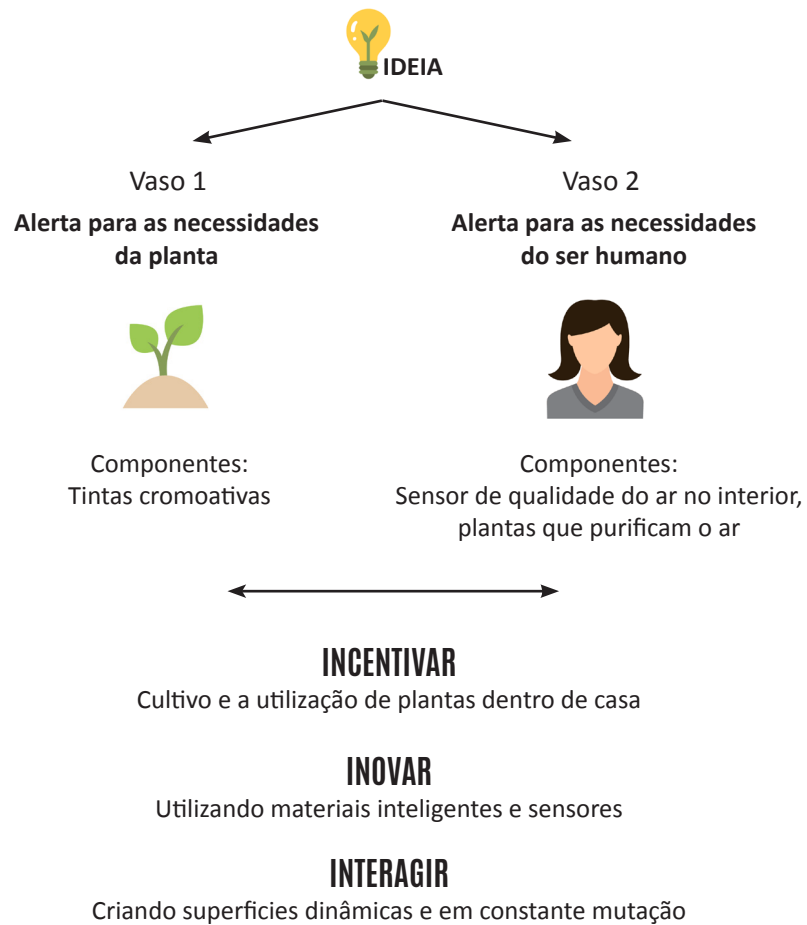
A ideia será desenvolver dois vasos interativos e informativos, que nos alertam tanto para as necessidades das plantas como do ser humano, através de novas experiências, comportamentos e soluções que promovem a comunicação entre pessoas e a planta por meio do artefacto.

O vaso 1, faz uso dos materiais cromáticos, explorados anteriormente, e tem a intenção de mudar de cor como forma de aviso para as necessidades das plantas, de modo a permitir um cultivo mais simples e inteligente.

O vaso 2, aparece como um artefacto tecnológico de interação/comunicação e partilha de informação, que promove a qualidade de vida do ser humano.

No fim, queremos que as plantas sejam seres mais valorizados e que venham a ter um papel mais ativo na vida do ser humano, trazendo para as nossas casas, locais de lazer e de trabalho, um ambiente mais saudável e alegre.

No esquema seguinte é demonstrado uma visão mais detalhada do conceito que vem completar o padrão experimental do material.



Esquema 5: Conceito do projeto  
Fonte: Autor

# ESTRUTURA DO CAPÍTULO

O capítulo, divide-se em duas secções que abordam dois projetos distintos, e que têm em consideração os objetivos apresentados anteriormente e as investigações feitas ao longo desta dissertação.

## PROJECTO 1 - COR

O primeiro projeto será desenvolvido com base nos estudos anteriores dos vários materiais cromáticos, passando por várias fases de investigação e elaboração de projeto.

Numa primeira exploração, vão ser definidas as características técnicas do material, com base no seu comportamento hipotético e realizados testes em vários materiais com o intuito de procurar o tipo de material que melhor se adequa à criação do vaso.

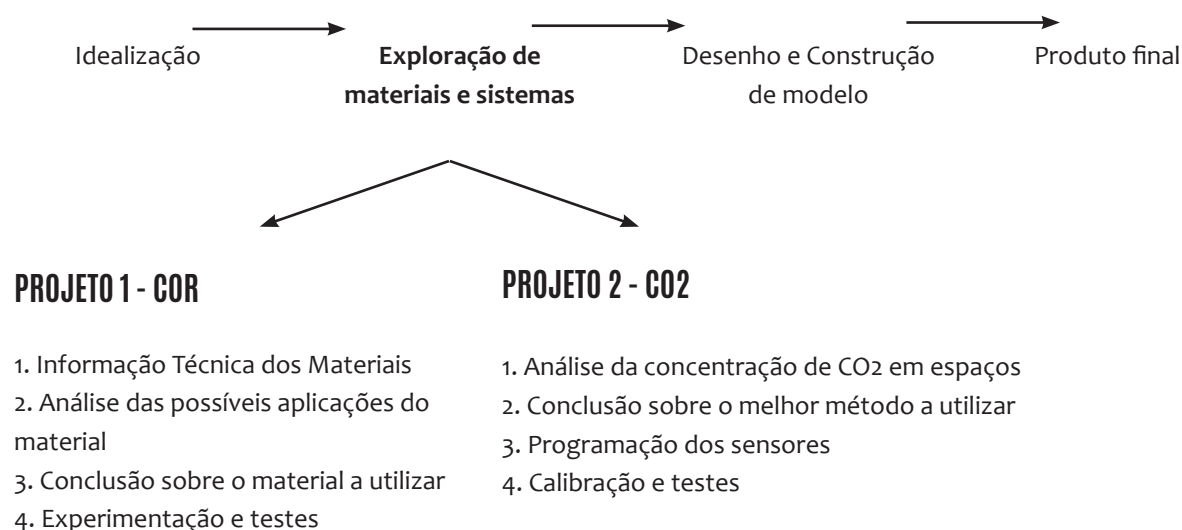
Após a fase experimental passar-se-á à fase de desenho e construção de modelo até chegar ao produto final. Este poderá ser um vaso ou uma coleção, consoante os resultados que obtivermos anteriormente nos testes com as tintas cromáticas demonstrarem-se positivos e vantajosos para o utilizador.

## PROJETO 2 - CO2

Verificamos através da investigação anterior, que as plantas são seres vivos ricos e fundamentais para a nossa saúde, e que através do processo da fotossíntese tem a capacidade de purificar o ar que respiramos. Posto isto, o segundo projeto terá por base a criação de um vaso para plantas que nos indicará se a qualidade do ar que respiramos à nossa volta é favorável ou prejudicial à nossa saúde.

Em primeiro lugar, serão analisadas as concentrações dos níveis de CO<sub>2</sub> em espaços distintos e analisada a urgência do problema. Após esta análise, será desenvolvido com sensores e outros componentes electrónicos um método de recolha e transmissão dos níveis de CO<sub>2</sub>. Após desenvolvida a parte electrónica, esta será incorporada num vaso para plantas que permitirá ao utilizador ter acesso aos níveis de CO<sub>2</sub>, alertá-lo e fazer agi-lo perante o problema.

O esquema seguinte apresenta as várias etapas do projeto, sendo que a exploração dos materiais e sistemas, tomará diferentes rumos consoante se trate do projeto 1 ou projeto 2, como podemos ver:



Esquema 6: Etapas do projeto



**PROJETO 1**

**COR**

**UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS CROMOATIVOS**



# 1. OBJETIVO ESPECIFICO

Um dos motivos que leva pessoas a não terem plantas em casa, é porque elas são seres vivos que exigem cuidados, e nem sempre o ser humano está alerta para as suas necessidades, pois as plantas embora se expressem de várias formas, não falam, e muitas vezes caem no esquecimento, e acabam por morrer quando não lhes damos a devida atenção.

As plantas não são diferentes dos seres humanos, elas respiram, bebem e precisam de alimento. Alguns cuidados a ter em conta quando adquirimos uma planta são as condições de temperatura, humidade e água, luz, nutrientes no solo, e uma boa ventilação.

Desta forma, o objectivo do projeto 1 passa pela criação de uma coleção de vasos simples e “divertidos” que fazem a comunicação entre as plantas e o ser humano, e nos dão indicação sobre as suas necessidades através da alteração das cores e texturas no exterior do vaso, conseguidas pela aplicação de materiais cromáticos.

As cores vão representar uma metáfora para os desejos da planta, como se ela, pudesse falar e expressar-se através do vaso.

Esta nova aplicação não funciona apenas como uma ferramenta expressiva, mas como um instrumento que ajudara a traduzir as necessidades das plantas e do ser humano, numa representação sensorial colorida, que convida o utilizador a interagir com as peças.

A coleção destina-se a ser tocada, movida e sentida, pois cada peça está em constante mudança, tal e qual a natureza, e despoletam um sentido de curiosidade para descobrir os efeitos diferentes que cada peça transmite.

O projeto tem o intuito de proporcionar uma habitação mais cuidada que atende às necessidades da natureza quando colocado num ambiente interno.

## 2. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS TINTAS CROMOATIVAS

Para iniciar o projeto, foram desenvolvidas experiências em quatro tintas cromáticas - termocrômica, hidrocrômica, fotocrômica, e tinta que brilha no escuro, como podemos ver na figura 70.



Fig.70 : Tintas utilizadas ao longo do projeto

Antes da aplicadas as tintas, foi elaborado uma ficha técnica com informações acerca das propriedade de cada uma das tintas mais relevantes para a concretização do projeto, como por exemplo, instruções de mistura da tinta, aplicação e secagem da mesma.

Os dados foram recolhidos do site Sfxc.uk onde foram adquiridas as tintas, de outras fichas técnicas encontradas na Internet e da experiência pessoal, após a primeira experimentação das tintas. As fichas técnicas encontram-se em anexo.

As tintas cromoativos podem ser aplicadas em vários suportes, como vestuários, têxteis, papel, polímeros, resinas, acrílicos, madeira, cimento, peles e outros, mas nem todos reagem da mesma forma à tinta, podendo observar diferentes comportamentos.

Deste modo, cada uma das tintas foi aplicada em diferentes amostras de materiais, de modo a perceber a reacção de cada uma delas aos diferentes tipos de texturas, formas e cores dos materiais, e avaliados os materiais que obtém melhor desempenho com o uso das diferentes tintas.

Foram feitas provas em 8 tipos de materiais diferentes e cores, como podemos ver na figura 71.

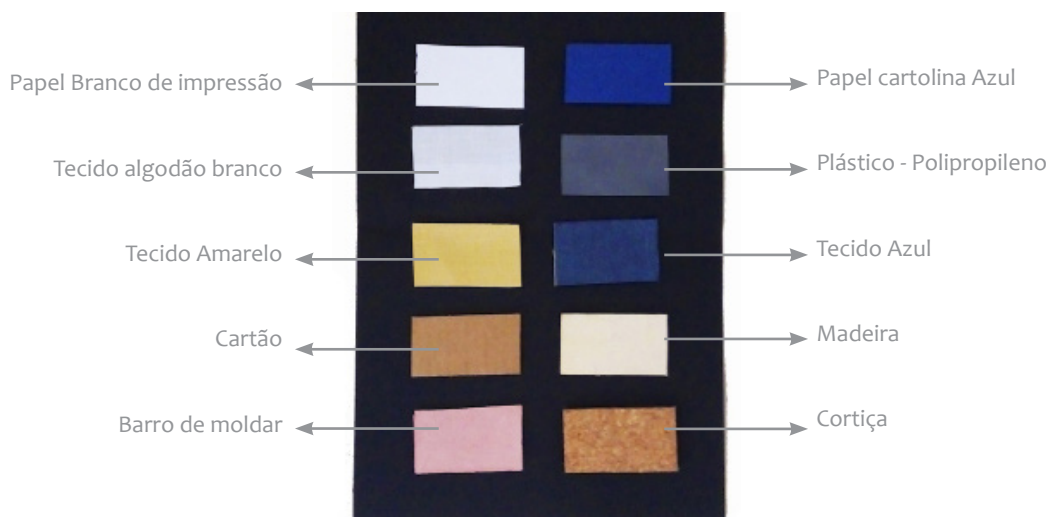


Fig.71 : Tipo de amostras utilizadas

## 2.1 EXPERIÊNCIA - EFEITO TERMOCRÔMICO

O efeito termocrômico foi testado com a tinta “Thermochromic Screen Ink” que reage com o calor, e que apresenta uma cor preta em ambiente frio e fica transparente com o calor. A tinta foi aplicada nas diversas amostras de materiais, e depois aquecida com a ajuda de um secador de cabelo ou do calor corporal. Foram fotografadas as reações para posterior análise (figura 72).



Fig.72 : Experiência com tinta termocrômica

Para além das amostras anteriores, achei pertinente fazer a análise do comportamento termocrômico em dois copos - um de vidro e outro de plástico (figura 73), para verificar a reacção da tinta quando aplicada água quente não diretamente na superfície. Para a experiência foi aplicada tinta termocrômica no exterior dos copos e água quente dentro de cada um dos copos e fotografada a reacção.

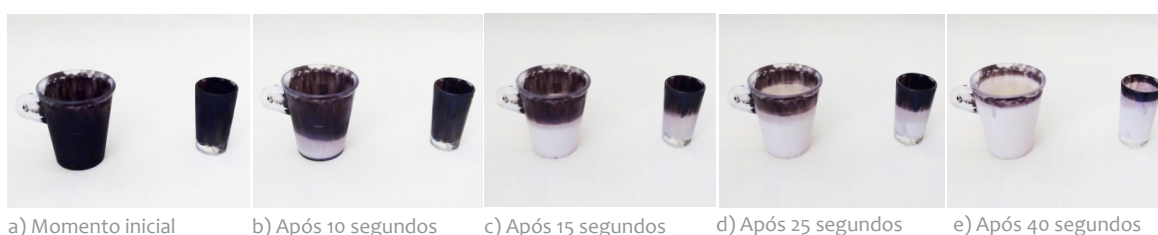


Fig.73: Reação observada da tinta termocrômica num copo de plástico (à esquerda) e num copo de vidro (à direita), após o seu enchimento com água quente.

### 2.1.1 CONCLUSÃO - EFEITO TERMOCRÔMICO

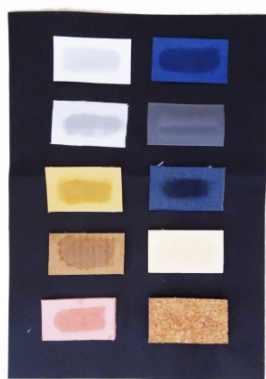
Todas as a amostras dos diferentes materiais apresentaram um bom desempenho com a tinta termocrômica. No entanto ao aquecer a tinta, esta não ficou transparente como se pretendia, mas sim com cor branca. O material - barro de moldar foi o que obteve melhor transparência da tinta.

No copo de plástico e de vidro também ocorreu a alteração da cor com a água quente no seu interior, embora também não tenho apresentado transparência, mas sim cor branca.

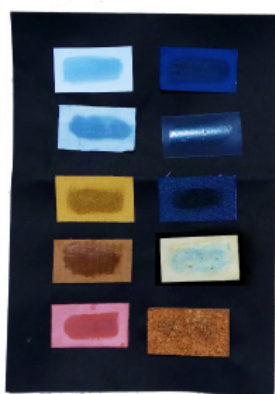
## 2.2 EXPERIÊNCIA - EFEITO FOTOCRÓMICO

O efeito fotocromático foi testado com a tinta “Photochromic Plastisol” que apresenta transparência no interior de um espaço, e no exterior com a reação da luz ultravioleta do sol, ganha diferentes cores, consoante a composição da tinta. Neste caso a tinta utilizada tem a cor azul (figura 74) e amarela (figura 75).

Para os testes, ambas as tintas foram aplicadas nas diversas amostras de materiais, e depois colocada ao sol e fotografadas as reações para posterior análise.



a) Num espaço interior

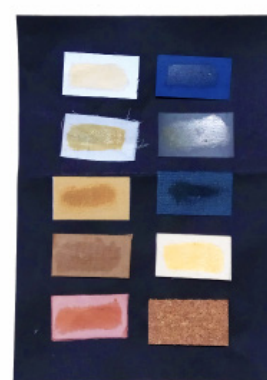


b) Num espaço exterior com ação da luz do sol

Fig. 74: Experiência com tinta fotocromática azul



a) Num espaço interior



b) Num espaço exterior com ação da luz do sol

Fig. 75: Experiência com tinta fotocromática amarela

### 2.2.1 CONCLUSÃO - EFEITO FOTOCRÓMICO

Após a colocação de todas as amostras à luz UV, notou-se que nem todos os materiais apresentaram bons resultados ao efeito fotocromático de cor azul e amarela.

As amostras de material que apresentaram melhor desempenho foram as de papel de impressão, tecido branco e madeira. Em todas as outras amostras não ocorreu a mudança de cor.

Com isto podemos concluir que apenas nos materiais de cor clara ocorre a mudança de cor e isto deve-se ao facto de que numa superfície de cor clara, a radiação solar é elevada pois reflete quase toda a radiação solar nela incidente. Pelo contrário, uma superfície de cor mais escura absorve uma elevada quantidade de radiação solar o que traduz num aquecimento da superfície e baixa radiação solar.

A absorção da luz também varia de superfície para superfície, pois em superfícies lisas é mais fácil a reflexão da radiação, do que em superfícies rugosas.

## 2.3 EXPERIÊNCIA - EFEITO HIDROCRÔMICO

O efeito hidrocrômico foi testado com a tinta “Hydrochromic Screen Ink” que reage com o humidade, e que apresenta uma cor branca opaca quando seca, e quando é molhada fica transparente.

A tinta foi aplicada nas diversas amostras de materiais, à excepção das amostras de cor branca, (figura 76) e depois molhadas e fotografadas as reacções para posterior análise.

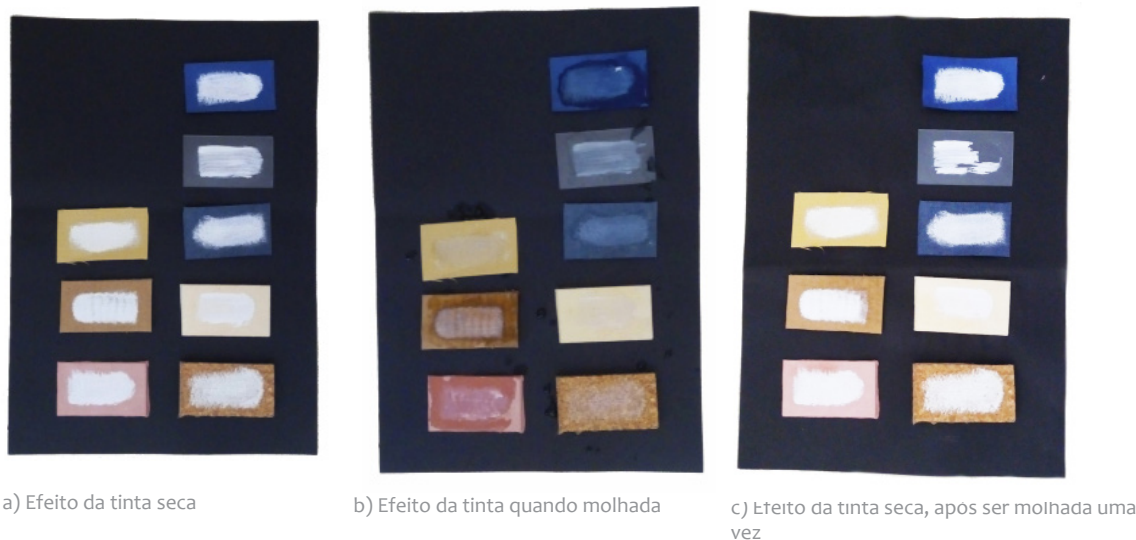


Fig.76: Experiência com tinta hidrocrômica

### 2.3.1 EXPERIÊNCIA 2 - EFEITO HIDROCRÔMICO

Após a experiência anterior e verificado que a tinta revela boa transparência no barro de moldar, achei pertinente fazer a análise do comportamento hidrocrômico num copo de barro, de modo a verificar se a humidade retida do barro seria suficiente para ativar a tinta hidrocrômica aplicada no seu exterior. Para verificar a reacção da tinta foi aplicada a tinta no exterior do copo e colocada água dentro do mesmo e fotografada a reacção (figura 77).



Fig.77 : Experiência com tinta hidrocrômica no copo de barro

### 2.3.2 CONCLUSÃO - EFEITO HIDROCRÓMICO

Todas as amostras dos diferentes materiais após serem molhadas, apresentaram um bom desempenho com a tinta hidrocrômica.

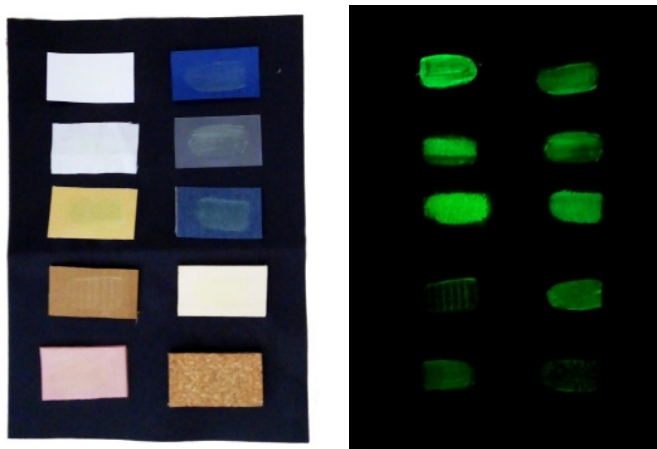
Quase todos os materiais apresentaram boa transparência à água. E, apenas, no material polipropileno houve menor adesão da tinta e menor transparência da tinta.

Após os materiais terem ficado seco, a tinta voltou ao seu estado inicial de cor branca opaca.

A experiência feita no copo de barro apresentou resultados positivos. Ao fim de cerca de cinco minutos o barro ficou húmido e a tinta hidrocrômica aos poucos tornou-se transparente. A experiência revelou que o barro é um material mais vantajoso para investigação futura e a utilização em vasos para plantas.

## 2.4 EXPERIÊNCIA - EFEITO FOSFORESCENTE

O efeito fosforescente foi testado com a tinta “Super Glow-Green” que apresenta uma cor transparente durante o dia e brilha no escuro. A tinta foi aplicada nas diversas amostras de materiais, e depois colocada em ambiente escuro. Foram fotografadas as reações para posterior análise (figura 78).



a) Espaço com luz

b) Espaço sem luz

Fig.78 : Experiência com tinta que brilha no escuro

### 2.4.1 CONCLUSÃO - EFEITO FOSFORESCENTE

As diferentes amostras de tecido, papel e polipropileno tiveram um bom desempenho quando a tinta foi colocada num local totalmente escuro. Enquanto que a cortiça, barro de moldar, e cartão obtiveram um brilho muito fraco.

Verificou-se que a tinta não é totalmente transparente durante o dia como se pretendia. Sendo melhor a sua aplicação em materiais de cor branca ou verde, para evitar o contraste da cor.



## 2.5 TABELA DE RESULTADOS

Após realizadas todas as experiências foi feito uma tabela de resultados onde é colocado o desempenho da tinta numa escala de 0 a 5, e a transparência do material, e feitas algumas observações.

O desempenho indica se o material reagiam bem ou mal ao efeito pretendido. A transparência no caso da tinta super glow e fotocromica é medida antes do efeito da tinta, e no caso da tinta hidrocromica e termocromica é medida após o efeito da tinta.

MATERIAL	TINTA	CAMADAS	DESEMPENHO (1-5)	TRANSPARÊNCIA (S/N)	OBS
Papel Impressão Cor: Branca	Thermochromic	1	5	NÃO	
	Super Glow-Green	1	4	SIM	
	Hydrochromic Screen Ink	-	-	-	Material de cor branca sem efeito para a tinta
	Photochromic Blue	2	5	+/-	
	Photochromic Yellow	2	5	SIM	
Cartolina Cor: Azul escuro	Thermochromic	1	5	NÃO	
	Super Glow-Green	2	2	+/-	Necessário dar duas camadas de tinta
	Hydrochromic Screen Ink	1	5	+/-	
	Photochromic Blue	1	0	NÃO	
	Photochromic Yellow	1	1	NÃO	
Plastico Polipropileno Transparente	Thermochromic	2	4	NÃO	Difícil adesão da tinta
	Super Glow-Green	2	3	SIM	Necessário dar duas camadas de tinta
	Hydrochromic Screen Ink	1	5	SIM	Pouca adesão da tinta, sai com a água
	Photochromic Blue	2	2	SIM	Difícil adesão da tinta
	Photochromic Yellow	2	2	SIM	Difícil adesão da tinta
Tecido Algodão Cor: Branco	Thermochromic	1	5	NÃO	
	Super Glow-Green	1	5	NÃO	
	Hydrochromic Screen Ink	-	-	-	Material de cor branca sem efeito para a tinta
	Photochromic Blue	2	5	+/-	
	Photochromic Yellow	2	5	+/-	



Tecido Cor: Amarelo	Thermochromic	1	5	NÃO	
	Super Glow-Green	1	5	+/-	
	Hydrochromic Screen Ink	1	5	SIM	
	Photochromic Blue	1	2	NÃO	
	Photochromic Yellow	1	4	NÃO	
Tecido Cor: Azul Escuro	Thermochromic	1	5	NÃO	
	Super Glow-Green	1	4	NÃO	
	Hydrochromic Screen Ink	1	5	SIM	
	Photochromic Blue	1	0	NÃO	
	Photochromic Yellow	1	0	NÃO	
Cartão Cor: Castanho	Thermochromic	1	5	NÃO	
	Super Glow-Green	1	2	SIM	
	Hydrochromic Screen Ink	1	5	NÃO	
	Photochromic Blue	1	0	NÃO	
	Photochromic Yellow	1	0	NÃO	
Madeira Cor: Castanho claro	Thermochromic	1	5	NÃO	
	Super Glow-Green	1	4	+/-	
	Hydrochromic Screen Ink	1	5	SIM	
	Photochromic Blue	2	3	SIM	
	Photochromic Yellow	2	5	SIM	
Barro de moldar Cor: Castanho	Thermochromic	1	5	+/-	
	Super Glow-Green	1	3	SIM	
	Hydrochromic Screen Ink	1	5	SIM	
	Photochromic Blue	1	0	NÃO	
	Photochromic Yellow	1	1	+/-	
Folha de cortiça Cor: Castanho	Thermochromic	1	5	NÃO	
	Super Glow-Green	1	2	SIM	
	Hydrochromic Screen Ink	1	5	+/-	
	Photochromic Blue	1	0	SIM	
	Photochromic Yellow	1	0	SIM	
Copo de Vidro Transparente	Thermochromic	3	5	+/-	Boa aderencia da tinta
Copo se Plástico Transparente	Thermochromic	3	5	+/-	Má aderencia da tinta
Copo de Barro	Hydrochromic Screen Ink	1	5	+/-	Não é necessário contacto direto com a água

Tabela 11: Resultados e desempenho da aplicação das tintas cromoativas

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cor é uma característica visual dos objetos e do espaço que nos rodeia, e uma variável constante na prática de qualquer arte ou design.

Após as experimentações, conclui-se que o efeito termocrômico e hidrocrômico foi positivo em todos os tipos de materiais testados. E que, as tintas fotocromica e fosforescente apresentam melhores resultados em superfícies brancas e macias como as plásticas, papel, e, em alguns casos no tecido, e piores resultados em superfícies rugosas como a cortiça, barro de moldar e o cartão.

O efeito hidrocrômico aplicado no copo de barro foi uma surpresa positiva, e levou a cabo uma investigação mais profunda sobre a aplicação destas tintas em material cerâmico com vista a desenvolver quatro tipos de vasos cerâmicos.

O vaso com efeito hidrocrômico será um vaso funcional, pois atuará como indicador de humidade da terra da planta. Todos os outros efeitos, não agirão como funcionais, mas sim como vasos interativos, estéticos e “divertidos”.

A cerâmica foi o material com melhor desempenho nos testes realizados. E por isso, foram desenvolvidos novos testes em diferentes tipos de pastas cerâmicas a fim de perceber qual o contributo que este material, em conjunto com as tintas cromoativas, poderá vir a ter para o desenvolvimento final do vaso.

# 3. EFEITO DAS TINTAS EM MATERIAL CERÂMICO I

## EXPERIÊNCIA 2

### 3.1 A CERÂMICA

As cerâmicas são materiais que permitem dar vida e forma a muitos produtos e que permitem diversas combinações de cores e acabamentos.

As cerâmicas são um material muito utilizado na produção de vasos e vem desde os nossos antepassados. A tradição portuguesa tem um forte predomínio criativo no fabrico de peças cerâmicas, principalmente em barro e vidro, porcelana e faiança. E, os processos de fabrico, componentes decorativos e as formas e função dos artefactos transmitem bastante sobre as origens de Portugal.

Existem diferentes classificações para as pastas cerâmica, consoante os tipos de materiais e técnicas utilizadas, são elas:

- Terracota - argila cozida no forno, sem aplicação de vidrado, mas que pode ser pintada
- Grés – pasta de quartzo, feldspato, argila e areia, que pode ser vidrada ou pintada
- Faiança – loiça fina resultante de pasta porosa, que é cozida a altas temperaturas, e posteriormente envernizada ou revestida a esmalte, e pintada com motivos decorativos.
- Cerâmica vidrada – de que são feitos os nossos azulejos

Os processos de pintura de cerâmica podem ser:

- Por corante, misturados na pasta, durante a sua modelação e que são produtos normalmente químicos, e mais caros.
- Por engobe, pó cerâmico colorido que é aplicado na peça enquanto crua
- Vidrado de cor, que é aplicado após a peça estar cozida

A utilização da cerâmica neste projeto vem ao encontro do artesanato português que evoluiu com a nossa sociedade, e é atualmente motivo de reinvenção constante. A aplicação de materiais inteligentes, nomeadamente as tintas cromoativas traz um acréscimo ao produto, e vai conciliar a forte tradição já existente no produto com uma nova abordagem estética experimental dos materiais cerâmicos incorporados com tintas cromoativas, nunca antes experimentada.

Utilizar material cerâmico no processo de desenvolvimento deste vaso, vai fazer uma interligação do passado com as novas tecnologias, sublinhando e desafiando a história e tradição dos materiais cerâmicos e das técnicas da olaria. Esta ligação une o artesanato português com o design e as tecnologias atuais, associando a produção manual a um visual mais moderno e adaptado ao estilo atual.

Cerâmicas são materiais delicados que requerem atenção e têm um processo lento de se obter resultados. Primeiro é necessário fazer a escolha e preparação da pasta, depois desenhar e levantar a peça, transformá-la em três dimensões, esperar pela secagem natural da pasta e posteriormente levá-la a cozer, definindo os tempos de cozedura consoante o resultado que desejamos obter. Após a peça estar no forno é necessário aguardar pelo resultado final, aplicar as tintas e ver como elas funcionam.

Algumas das peças, tiveram de ir ao forno uma segunda e terceira vez, a primeira para cozer a pasta,

a segunda para cozer o engobe (corante), quando aplicado, e a terceira então para o vidrado final, de modo a proteger a peça.

### 3.2 TESTES

Para desenvolver os testes, recorri a um atelier no Porto da artista Cristina e a uma de olaria em Setúbal, para aprender acerca das técnicas olaria tradicional e realizar amostras de vários tipos de pastas cerâmicas.

Utilizar cerâmica como material de processo, implicou aprender muito sobre cerâmica, descobrir métodos e formas de obter diferentes porosidades durante a cozedura e na escolha da pasta. Encontrar os tipos de pastas com melhor capacidade para absorção de água e como tingir uma cerâmica com cor sem alterar as suas propriedades.

Todos os protótipos foram criados por mim. E, todas as peças, embora previamente desenhadas e projetadas, surgiram como uma experiência no meio deste grande processo de descoberta, tendo sempre havido um mistério quanto ao resultado final esperado.

### 3.3. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS TINTAS CROMOATIVAS EM MATERIAL CERÂMICO

Foram desenvolvidas experimentações em oito tipos diferentes de pastas cerâmicas - barro, pasta amarela, tecniclay, CR, PRNM, PRAI, PRAF e Paperclay de forma a analisar os diferentes comportamentos das tintas e a fim de escolher a pasta cerâmica que melhor se adequa à elaboração dos vasos.

Foram utilizadas pastas cerâmicas com chamotas diferentes, entre 0,2mm, 0,5mm, 1mm, 1,5mm para perceber e de diferentes cores.

Todas as cerâmicas foram cozidas a 980°, temperatura a que normalmente é cozida a cerâmica antes de ser vidrada, chamada de “chacota” ou “biscoito”.

Para testar as oito pastas foram feitas várias amostras e oito pequenos vasos. A figura 79 ilustra as pastas cerâmicas depois do processo de cozedura normal, a 980°.

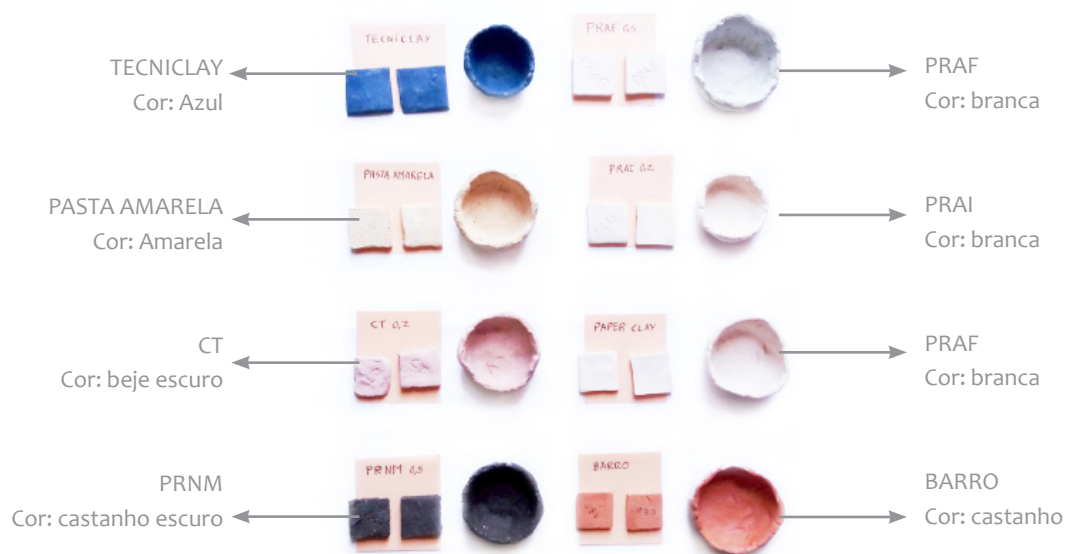


Fig.79: Tipo de pastas cerâmicas utilizadas

O esquema seguinte demonstra os oito tipos de pastas cerâmicas, testadas neste projeto, bem como informações sobre o tipo de chamota, porosidade, temperatura de cozimento e percentagem de contração da pasta.

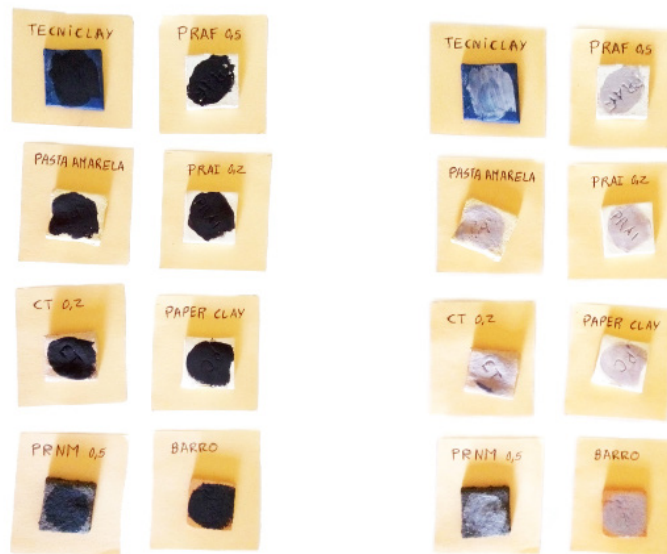
PASTAS CERÂMICAS				
Nome	PASTA AMARELA	TECNICLAY	CT	PRNM
Definição	Utilizada para cerâmica artística com cores claras	Argila cerâmica natural com pigmento. Pasta decorativa.	Pasta refractaria chamotada para escultura, modelação	Pasta Refrataria
Chamota	Chamota média 0-0,2 mm	Sem chamota	Chamota média 0-0,2 mm	Chamota grossa 0-1,5mm
Porosidade	n/a	n/a	2,6% porosidade (absorção a água a 1300°)	2,4% porosidade (absorção a água a 1300°)
Humidade	n/a	n/a	22-25 %	20%
T° Cozedura	990° - 1.085°	980° - 1020°	1280° - 1300°	1200° - 1260°
Contração	De secagem: 6% De contracção: 3%		De secagem - 5% De cozedura - 5%	De secagem - 7% De cozedura - 4,5%
Cor	Amarela	Cores diversas	Beje escuro	Negra

PASTAS CERÂMICAS				
Nome	PRAI	PRAF	PaperClay	BARRO
Definição	Pasta Refrataria com exelente plasticidade para cerâmica artistica.	Pasta Refrataria, ideal para escultura, peças de construção.	Pasta de gres com fibra de papel. Exelente plasticidade para cerâmica artistica	Para cerâmica natural, artística, decorativa e estrutural. Utilizada normalmente em torno
Chamota	Chamota fina 0-0,2mm	Chamota fina 0-0,5 mm	Chamota fina 0-0,2 mm	Sem chamota
Porosidade	7% porosidade (absorção a água a 1300°)	4,6% porosidade (absorção a água a 1300°)	6 % (absorção de água a 1200°)	7% porosidade (absorção a água a 1000°)
Humidade	19%	17%	25%	22%
T° Cozedura	1240° - 1300°	1240° - 1300°	1100° - 1260°	970° - 1050°C
Contração	De secagem - 0% De cozedura 5,9 % (1300°)	De secagem - 0% De cozedura 5,4% (1300°)	De secagem 0% De cozedura - 7,2% (1200°)	De secagem: 5,8% De cozedura: 1,2%
Cor	Branco	Branco marfim	Branca	Castanho

Tabela 12: Tipos e características de 8 pastas cerâmicas diferentes

Fonte: Com base nas informações recolhidas no site <http://www.r2w-cerâmica.pt>

### 3.3.1. EFEITO TERMOCRÔMICO



a) À temperatura ambiente

b) Após receber com uma fonte de calor

Fig.80: Efeito da tinta termocrômica nos oito tipos de material cerâmico

**CONCLUSÃO:** Todas as pastas cerâmicas apresentaram resultados positivos. Embora nenhuma tenha apresentado a transparência pretendida.

### 3.3.2 EFEITO FOTOCRÔMICO



a) Em espaço interior

b) Em espaço exterior com ação da luz do sol

Fig.81: Efeito da tinta fotocromica nos oito tipos de material cerâmico

**CONCLUSÃO:** As pastas cerâmicas de cor clara apresentaram resultados positivos. Nas pastas de cor escura, como o Tecniclay, PRNM e o Barro não é possível verificar a diferença de cor.

### 3.3.3 EFEITO FOSFORESCENTE

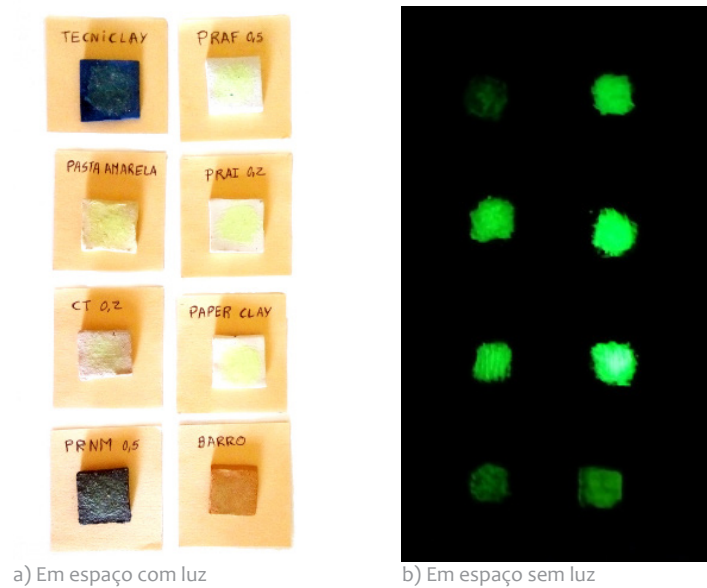


Fig.82: Efeito da tinta fosforescente nos oito tipos de material cerâmico

**CONCLUSÃO:** As pastas cerâmicas de cor clara apresentaram resultados positivos. As pastas de cor escura, como o Tecniclay, PRNM e o barro o brilho emitido é menor.

### 3.3.4 EFEITO DAS TINTAS EM CERÂMICA VIDRADA

Para além das amostras em pastas cerâmicas, foram também realizados provetes com dois tipos de vidrados - mate e brilhante, (figura 83) para verificar se o vidro é um fator com influência para as tintas. Nos provetes foi aplicado duas camadas de tinta fotocromica azul e amarela, e uma de fosforescente.



a) Em espaço interior

b) Em espaço exterior com ação da luz do sol

b) Em espaço sem luz

Fig.83: Efeito das tintas fotocromicas e fosforescente em cerâmica com vidro Matte (à esquerda) e vidro brilhante (à direita).

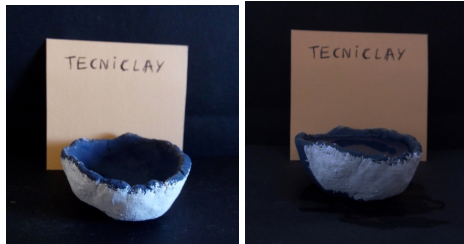
**CONCLUSÃO:** Os resultados mostram resultados positivos, ambas as tintas reagem bem e apresentam um brilho ligeiramente maior em superfícies vidradas.



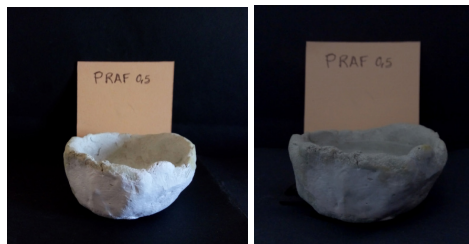
### 3.3.4 EFEITO HIDROCRÔMICO

Para obter o efeito hidrocrômico é necessário utilizar uma cerâmica colorida para que a tinta branca faça contraste. As cerâmicas com cor são o Tecniclay, Pasta amarela, CT, PRNM e o barro, mas no entanto foram feitos testes em todas as pastas (figura 84).

Foi colocada água dentro de cada amostra e verificado o tempo que cada uma levava a fazer efeito.



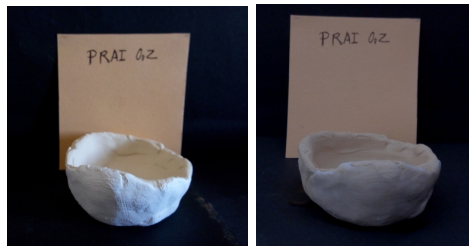
a) Pasta Tecniclay: Sem resultados



b) Pasta PRAF: Adquire transparência ao fim de 40 minutos



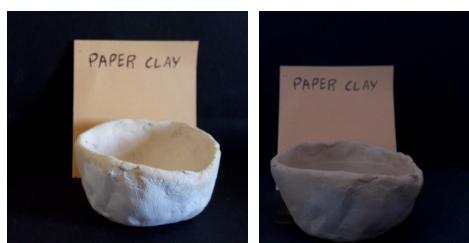
c) Pasta Amarela: Sem resultados



d) Pasta PRAI: Adquire transparência ao fim de 25 minutos



e) Pasta CT: Adquire transparência ao fim de 1 hora



f) Pasta PaperClay: Adquire transparência ao fim de 15 minutos



g) Pasta PRNM: Adquire transparência ao fim de 1 hora



h) Barro: Adquire transparência ao fim de 15 minutos

Fig.84: Efeito da tinta hidrocrômica nos oito tipos de material cerâmico

### 3.4 CONCLUSÃO - EFEITO HIDROCRÔMICO

O barro, a pasta Paperclay e PRAI são as que apresentaram resultados mais rápidos.

A pasta PRAF, CT e PRNM levaram cerca de 1 hora a fazer efeito e a Pasta Amarela e o Tecniclay não obtiveram resultados, concluindo que são pastas que não deixam passar umidade.

Após estes e outros estudos, pode-se concluir que para obter o efeito hidrocrômico desejado é necessário ter uma pasta colorida e ter em atenção a espessura da camada da pasta, a porosidade que vai indicar a retenção de umidade, e a contração consoante a temperatura a que é cozida.

O barro respondeu de forma positiva a todos esses fatores, sendo o melhor material para a aplicação da tinta hidrocrômica.

Após isto, realizaram-se estudos com terra no interior do vaso, para verificar se a umidade da terra seria suficiente para humidificar toda a superfície do barro.

A figura 85 mostra os testes feitos, verificando que o barro, mais uma vez, teve um comportamento positivo com a terra.



a) aparelho utilizado para medir a umidade da terra do vaso



b) Reação da tinta hidrocrômica após 10 minutos



c) Reação da tinta hidrocrômica após 12 minutos

Fig.85: Primeiras experiências num objeto num vaso em barro com terra

## 4. PRODUTO FINAL | COR

O projeto final consiste numa coleção de 4 vasos, que à primeira vista são muito parecidos entre si, mas que com a interação do tempo e do ser humano transformam o seu visual.

Cada um dos quatro vasos utiliza uma das tintas cromáticas testadas anteriormente.

São vasos com personalidade própria que alteram as suas características visuais consoante o local, o tempo e o carinho que cada utilizador der ao vaso e à planta.

A ideia destes vasos, é incentivar as pessoas a plantarem mais plantas em suas casas, e evitar que estas caem no esquecimento pelas alterações reversíveis que acontecem no exterior do vaso, como a mudança de cor do material por meio do tempo ou do utilizador. São vasos não estáticos que transmitem a sensação de estarem vivos como as plantas e que por isso tem uma forte presença no espaço que não passa despercebida, e que lembra e suscita o toque do utilizador.

Para além de ser uma coleção decorativa e interativa, o vaso que faz uso das tintas hidrocrómicas permite-nos saber se a terra da planta está húmida o suficiente e se a planta necessita de água, tornando a tarefa de cuidar das plantas mais simples.

É um vaso dirigido a todos os públicos que tenham curiosidade em assistir a uma experiência nova e diferente. Os vasos são também bastante interessantes para crianças, e vão encontrar uma forma mais divertida de cultivar e perceber as necessidades das plantas.

### 4.1 FORMA E MATERIAIS

Os quatro vasos tem uma forma cilíndrica muito similar entre si. São vasos simples e pequenos, mas bastante úteis e divertidos de ter em casa.

Estes vasos gostam de ser mexidos e tocados, e por isso podem viajar pela casa, tanto no interior, numa cozinha, quarto ou sala, como num parapeito, ou jardim.

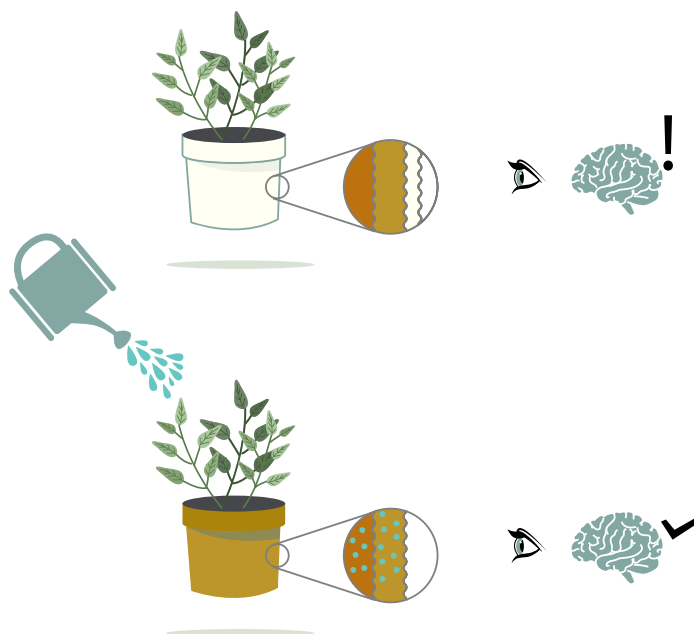
Os quatro vasos foram produzidos em cerâmicas, dois deles em pasta PRAI branca com uma camada de vidro transparente, e dois deles em pasta de barro com cor castanha. E foram aplicadas tintas cromáticas termocrómicas, hidrocrómicas, fotocromática e fosforescente posteriormente à cozedura das diferentes pastas.

Embora sejam trabalhos em cerâmica, estes vasos fogem à forma tradicional meio cónica dos vasos, e apresenta uma forma cilíndrica simples que dá um toque moderno ao vaso.

A representação gráfica seguinte facilita o entendimento do conceito aplicado nos quatro vasos, e dá uma ideia mais detalhada do projeto.

# 1. VASO HIDROCRÓMICO

**OBJETIVO:** O objetivo deste vaso é alertar ao utilizador se a terra da planta está húmida o suficiente ou se é necessário regar a planta, através da delicadeza da cor. Quando o vaso têm a cor branca indica que a terra está seca e a precisar de rega, e, quando o vaso ganha cor, significa que a terra está húmida o suficiente.



**MATERIAL:** Barro

**COZEDURA:** Barro cozido a uma temperatura baixa de 98o - chamota . Esta temperatura impede que ocorra uma grande contração da pasta e mantém maior porosidade, para que a terra no interior do vaso possa respirar e retenha mais humidade, mantendo a planta húmida durante mais tempo.

**VIDRADOS E ACABAMENTO:** Para este vaso não foi aplicado nenhum tipo vidrado, pois este impediria a capacidade do barro em reter a água.

**COR:** Foi utilizado barro com cor castanha, pois a tinta hidrocrômica é branca e para evidenciar a transparência da tinta após molhada é necessário que exista uma cor que contrastasse com o branco. Outras pastas cerâmicas com cores poderiam ser utilizadas.

**LAVAGEM:** O vaso pode ser lavado pois a tinta hidrocrômica é bastante resistente à água.

**DURAÇÃO DO EFEITO:** O efeito é contínuo e depende da capacidade do vaso, do tipo de planta e da drenagem. Neste vaso, após a planta ser regada a tinta demora cerca de 2 horas a ganhar transparência, após 5 dias volta a ganhar cor, e após 15 dias ganha a sua cor branca inicial para alertar o utilizador que a terra está seca e necessita de ser novamente regada.



a) Efeito da tinta com a terra do vaso quase seca



b) Efeito da tinta com a terra do vaso humida

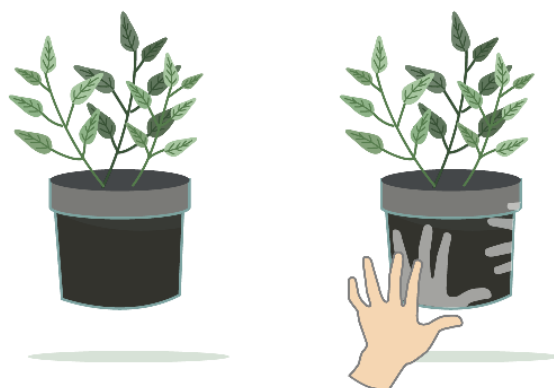
Fig.86: Vaso com efeito hidrocrômico

## 2. VASO TERMOCRÔMICO

**OBJETIVO:** O efeito termocrômico não trará qualquer benefício para a planta uma vez que a planta não se exprime através do calor para ativar a tinta.

No entanto, a tinta reflete uma mudança de cor, que acima dos 30° ela apresenta cor cinzento claro, e abaixo dos 10° ela apresenta uma cor preta, demonstrando também numa gama de cinzentos que poderá servir como indicador do temperatura, pois algumas plantas gostam de temperaturas elevadas e outras de temperaturas baixas.

Além disso a tinta aplicada no exterior do vaso, reage com a temperatura corporal, deixando a marca, por exemplo, da mão da pessoa durante algum tempo, o que apela ao toque e torna o vaso interativo.



**MATERIAL:** Barro

**COZEDURA:** Barro cozido a uma temperatura baixa de 1080, temperatura normal de cozedura.

**VIDRADOS E ACABAMENTO:** O vaso não foi vidrado, pois é necessário uma superfície porosa para melhor adesão da tinta termocrómica.

**COR:** Foi utilizado barro com cor castanha. A superfície do material não pode apresentar a cor preta ou cinzenta pois estaria a confundir-se com a cor e os efeitos da tinta termocrómica.

**LAVAGEM:** O vaso pode ser lavado pois a tinta termocrómica é resistente à água.

**DURAÇÃO DO EFEITO:** O efeito varia consoante a temperatura ambiente, sendo a temperatura de transição 30°. Este efeito é reversível.



a) Efeito do vaso com temperaturas abaixo dos 30°



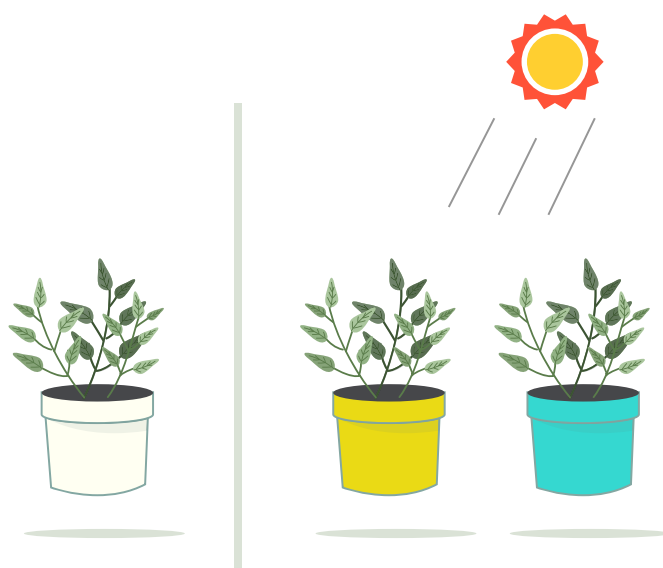
b) Efeito do vaso com temperaturas acima dos 30°

Fig.87: Vaso com efeito termocrómico

### 3. VASO FOTOCRÓMICO

**OBJETIVO:** A luz, o calor são essenciais para um bom crescimento das plantas e garantir uma fonte contínua de energia luminosa para que possa ocorrer a fotossíntese. O vaso com efeito fotocromico não permitirá traduzir esta necessidade, mas despertará no utilizador curiosidade de o colocar num local mais luminoso, para assistir à mudança de cor do vaso.

No interior de um espaço o vaso apresentará uma cor, e ao colocá-lo no exterior, como uma varanda ou jardim, o vaso ganhará outra cor que surpreenderá o utilizador. A cor do vaso será mais forte quanto maior a intensidade do sol, e ao voltar ao colocá-lo no interior volta ao seu estado original.



**MATERIAL:** Cerâmica PRAI

**COZEDURA:** Primeira cozedura a 980° e segunda cozedura a 1080° para aplicação de um vidro brilhante,

**VIDRADOS E ACABAMENTO:** O vaso foi vidrado pois a tinta fotocromica reage melhor em superfície lisas e plásticas, pois permitir maior reflexão da luz do que em superfícies rugosas.

**COR:** Branca. A superfície do material também deve ter cor branca ou clara, para permitir a reflexão de toda a radiação solar nela incidente quando exposto num ambiente exterior.

Foi também necessário, e por isso.....? Após a aplicação da tinta sobre o vidro, foi aplicado um acabamento com verniz transparente, para proteger a camada de tinta de sujidades e outras agressões do meio, que não comprometeu o efeito da tinta.

**LAVAGEM:** Após a aplicação do acabamento em verniz, o vaso pode ser lavado.

**DURAÇÃO DO EFEITO:** A tinta tem uma reação rápida, quando exposto ao sol, mudando de cor em segundos. A cor volta depois a desaparecer rapidamente quando perde a exposição ao sol.





a) Efeito num espaço interior



b) Efeito no exterior, com exposição ao sol

Fig.88: Vaso com efeito fotocromático

## 4. VASO FOSFORESCENTE

**OBJETIVO:** As plantas necessitam de luz para realizar a fotossíntese, e esse é o principal motivo que leva as plantas a que durante a noite emitam dióxido de carbono para o ambiente, em vez de transformá-lo em oxigénio, como fazem durante o dia.

O vaso que brilha no escuro, funcionará como uma luz de presença tanto para a planta, como para o utilizador, ajudando a planta a crescer e lembrando a sua presença na casa.

A planta agirá como uma presença noturna que conforta as pessoas e se pode tornar um bom companheiro de quarto.



**MATERIAL:** Cerâmica PRAI

**COZEDURA:** Primeira cozedura a 980° e segunda cozedura a 1080° para aplicação de um vidrado brilhante,

**VIDRADOS E ACABAMENTO:** O vaso foi vidrado pois esta tinta exige uma superfície lisa e brilhante para melhor adesão da tinta.

Após a aplicação da tinta sobre o vidrado, foi aplicado um acabamento com verniz transparente, que permitiu aderir melhor a tinta ao vaso e que não comprometeu o efeito da tinta.

**COR:** Branca. A superfície do material deve ter cor branca ou verde clara, pois a tinta apresneta a cor esverdeada quando exposta a luz solar. O brilho verificou-se mais forte em superfícies claras.

**LAVAGEM:** Após a aplicação do acabamento em verniz, o vaso pode ser lavado.

**DURAÇÃO DO EFEITO:** O fosforescente permanece durante 10 minutos após removida a fonte de luz.



a) Efeito durante o dia



b) Efeito no escuro

Fig.89: Vaso com efeito fosforescente

## 5. TRABALHO FUTURO

Com o tempo será necessário averiguar se o efeito das tintas cromoativas aplicadas é duradouro ou acabará por desaparecer com o tempo e a utilização.

Será interessante encontrar diferentes técnicas para aplicação da tinta, como por exemplo, utilizando técnicas de serigrafia aplicados nos cerâmicos. Outra abordagem possível, será fazer a aplicação de pigmento em pó, para ver a reação nas pastas cerâmica. Essa aplicação não deve ser feito diretamente na pasta antes da sua cozedura pois as elevadas temperaturas comprometeriam o efeito cromoativo, mas poderá ser testada após a sua primeira cozedura -chamota.



Fig.90: Conjunto dos 4 vasos com propriedades cromáticas



**PROJETO 2**

**CO2**

# 1. OBJETIVO ESPECIFICO

Após a investigação da qualidade do ar no interior dos espaços, decidi fazer uma aplicação mais ampla no contexto do design, utilizando o design de produto para resolver alguns problemas graves que enfrentemos hoje em dia, como o síndrome do edifício doente, provenientes do crescente sedentarismo da população e do mau uso da natureza, de modo a melhorar o ambiente local.

Uma forma simples de amenizar os problemas da poluição no interior dos edifícios é cultivar plantas. As plantas têm a capacidade de trazer benefícios específicos para a qualidade do ar, ajudam a humidificar o ar, e são excelentes desintoxicantes de ambientes.

A ideia central é encontrar uma aproximação entre as plantas e o ser humano através da prática do design, permitindo que as pessoas apreciem a beleza da espécie vegetal e tenham maior consciência dos seus benefícios.

O projeto assumirá pouca manipulação das plantas como forma de respeito à vida destas, pois as plantas são seres livres e belos, capazes de se expressarem de forma natural, que proporcionam um ar mais aconchegante ao ambiente e transformam o espaço em ambientes verdes e sustentáveis.

O artefacto projetado pretende reforçar o envolvimento do ser humano com o artefacto tecnológico e natural, utilizando um sensor de CO<sub>2</sub> para recolher a informação do ar no interior dos espaços e incorporá-lo num vaso, alertando-nos para a necessidade de controlar e melhorar o ar que está no interior das nossas casas, locais de trabalho e/ou lazer.

Este, é um ponto de partida para questionar o valor do ar e propõe uma visão mais ampliada das plantas, para um cenário futuro onde as suas emissões voláteis tornasse parte das nossas vidas diárias acabando com os filtros mecânicos e substitui-los por plantas naturais. Este sistema terá um impacto positivo no bem-estar físico e psicológico do ser humano, dependendo também das espécies utilizadas.

## 2. RECOLHA E ANÁLISE DOS NÍVEIS DE CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub> EM ESPAÇOS INTERIORES

Foram feitas medições da concentração de CO<sub>2</sub> no interior de vários espaços, de forma a entender e verificar a gravidade do problema da qualidade do ar em espaços interiores.

Foram escolhidos seis espaços de interior com características diferentes para fazer as várias medição da concentração de CO<sub>2</sub>, que são:

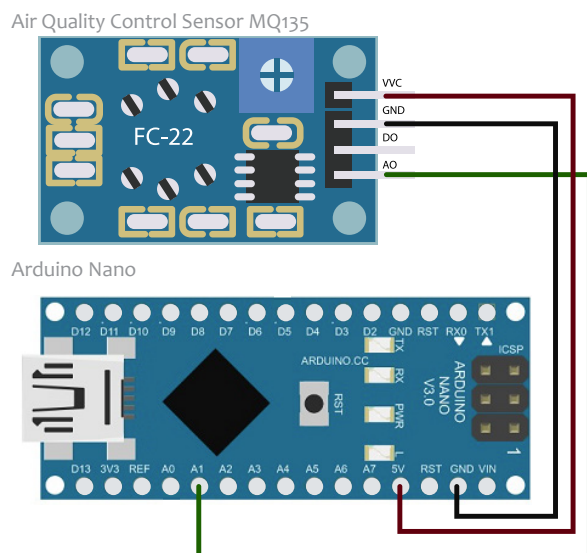
- Duas salas de aulas (1 e 2) - uma sala para aulas teóricas e de protejo e outra sala de laboratório;
- Dois escritórios (3 e 4) - uma sala de escritório pequena e individual, e uma sala de escritório grande onde operam várias pessoas;
- Dois quartos (5 e 6) - um pequeno e individual, e outro quarto grande de casal.

SALA	ÁREA	OCUPAÇÃO	ATIVIDADE	ABERTURAS
1. SALA DESIGN STUDIO NA FEUP	42 m <sup>2</sup>	20 pessoas	trabalho	2 porta sem janelas
2. LABORATÓRIO LL4 NA FEUP	125 m <sup>2</sup>	20 pessoas	trabalho	1 porta janelas fechadas
3. GABINETE FRANCISCO MANUEL PIRES NA FEUP	12 m <sup>2</sup>	1 pessoa	trabalho	1 porta sem janelas
4. ESCRITÓRIO DE UMA EMPRESA	60 m <sup>2</sup>	10 pessoas	trabalho	1 porta janelas fechadas
5. QUARTO INDIVIDUAL	15 m <sup>2</sup>	1 pessoa	trabalho e lazer	1 porta sem janelas
6. QUARTO DE CASAL	45 m <sup>2</sup>	2 pessoas	trabalho e lazer	1 porta 1 janela

Tabela 13: Área, ocupação, atividade e aberturas do espaços escolhidos para a análise da concentração de CO<sub>2</sub>.

Posteriormente os dados recolhidos foram analisados graficamente e tiradas conclusões acerca da influência da ocupação, área, ventilação, de um espaço.

Os valores foram recolhidos com o auxílio de um computador (figura 91) onde foram registados os dados, e um sensor de qualidade do ar MQ135 programado para ler a concentração de CO<sub>2</sub>, com a ajuda de uma placa de Arduino Nano, Tal como mostra é mostardo no esquema 7.



Esquema 7: Ligação do Sensor MQ135 à placa de Arduino

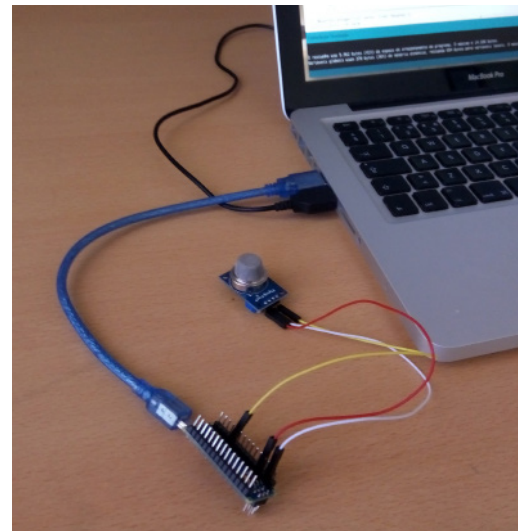


Fig. 91: Recolha de dados relativos à concentração de CO<sub>2</sub> através de um Sensor MG135 ligado a uma placa de Arduino Nano e ao computador  
Fonte: Autor

Os valores foram recolhidos ao minuto, durante 24 horas e posteriormente analisados.

Os gráficos seguintes apresentam a curva de concentração de CO<sub>2</sub> e os valores médios de concentração a cada meia hora.

Os factores importantes a considerar que vão influenciar e variar a concentração de CO<sub>2</sub> são a área do espaço, a ocupação, tipo de actividade desenvolvida no seu interior, e a ventilação que ocorre no espaço, podendo ser proveniente de portas ou janelas abertas.



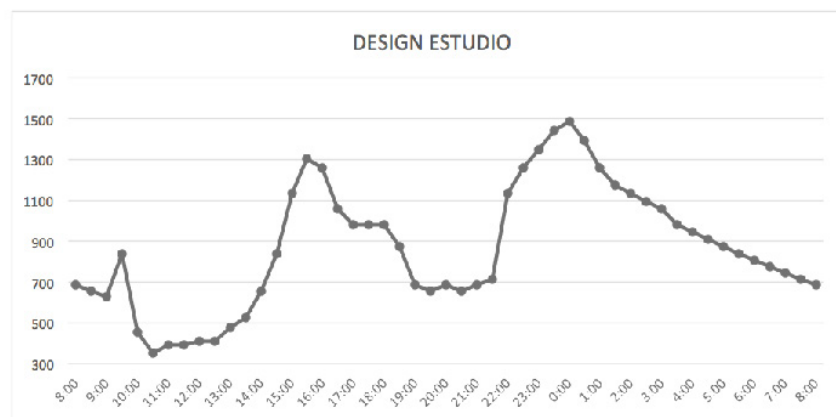


Gráfico 2: Concentração de CO<sub>2</sub> no espaço 1

# 1. SALA DESIGN STUDIO NA FEUP

Tipo de espaço: Sala de aula pequena, sem janelas e uma porta de entrada.

Tipo de atividade: Aulas 14h as 17h

Dimensão: 42m<sup>2</sup>

Ocupação: Sala geralmente vazia com ocupação em aulas de cerca de 20 pessoas

## ANÁLISE DO GRÁFICO:

Durante a manhã a sala esteve aberta e vazia e manteve níveis médios favoráveis de CO<sub>2</sub> que variaram dos 350 ppm aos 840 ppm.

Após a hora do almoço, ocorreu uma aula das 14h00 as 17h00, com cerca de 20 alunos, onde verificamos um aumento progressivo dos níveis de CO<sub>2</sub>. Uma hora após a ocupação da sala, as 15h00, os níveis rondavam os 1300 ppm. Este nível embora acima do recomendado de 1080 ppm, não se apresentam muito elevados, pois durante todo o dia e o período de aulas, a sala manteve a porta aberta para a circulação de ar.

Após as 17h00, quando a aula terminou, a sala passou a estar vazia, e a atingir níveis bons de 680 ppms. As 22h00, a sala foi fechada, e por isso os níveis voltaram a aumentar, chegando quase aos 1500ppm. Após este aumento, durante a noite os níveis reduziram progressivamente até aos 700 ppm às 09h00 do dia seguinte antes da sala ser aberta, o que indica que a sala embora fechada, o ar não esteve sempre parado e que houve circulação do ar.

**CONCLUSÃO:** Neste caso, conclui-se que num espaço pequeno e com ocupação de cerca de 20 pessoas, a principal causa para o aumento de CO<sub>2</sub> é a ocupação humana durante o período de atividade, pois fez aumentar os níveis de 500 ppm para 1300 ppm.

Durante as 24 horas, os níveis variaram entre os 300 ppm e os 1500 ppm, o que não representa um nível muito preocupante.

**PRINCIPAL POLUENTE:** Atividade Humana (1300 ppm)



Gráfico 3: Concentração de CO2 no espaço 2

## 2. LABORATÓRIO LL4 NA FEUP

**Tipo de espaço:** Sala de aula grande utilizada com equipamento de laboratório, com janelas normalmente fechadas, ventilação, e uma porta de entrada.

**Tipo de atividade:** Aulas 14h00 as 19h00

**Dimensão:** 125 m<sup>2</sup>

**Ocupação:** Em tempo de aulas a ocupação é de cerca de 20 pessoas

### ANÁLISE DO GRÁFICO:

Cerca das 9h30 a sala de laboratório foi aberta e pode-se verificar uma descida dos níveis de CO<sub>2</sub>, dos 1100 ppm aos 500 ppm.

Às 14h00 iniciou-se uma aula com cerca de 20 alunos, e a porta da sala manteve-se aberta. Pelo gráfico podemos verificar que houve um ligeiro aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> para os 700ppm, mas que a ocupação não foi a principal fonte emissora de CO<sub>2</sub>.

Às 19h00 a aula terminou e a sala ficou fechada até ao dia seguinte. Como a sala manteve-se fechada, não houve circulação do ar e os níveis começaram a aumentar progressivamente até aos 1350 ppm.

**CONCLUSÃO:** Neste caso, conclui-se que num espaço grande e com ocupação de cerca de 20 pessoas, a principal causa para o aumento de CO<sub>2</sub> é a falta de circulação do ar que ocorre quando o espaço não tem uma porta ou janela aberta.

Durante as 24horas, os níveis variaram entre os 500 ppm e os 13500 ppm, o que não representa um nível muito preocupante.

**PRINCIPAL POLUENTE:** Falta de circulação do ar (1350 ppm)

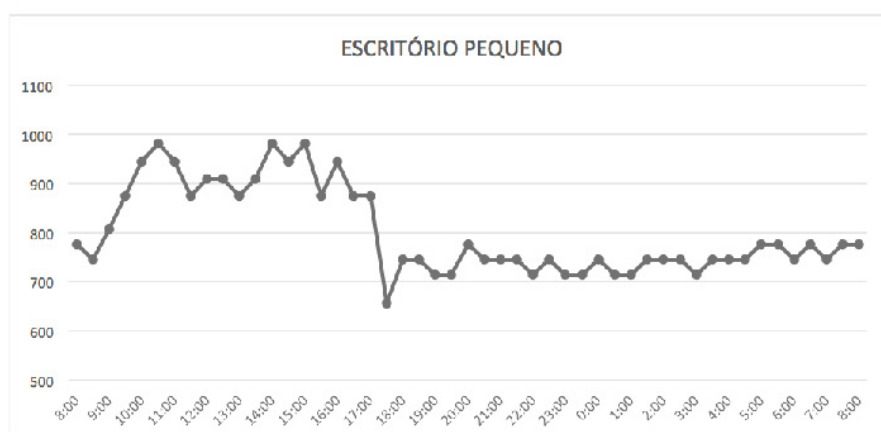


Gráfico 4: Concentração de CO2 no espaço 3

### 3. GABINETE FRANCISCO MANUEL PIRES NA FEUP

Tipo de espaço: Sala de escritório pequena, sem janelas, e uma porta normalmente fechada.

Tipo de atividade: Trabalho e Investigação das 09h30 as 17h30

Dimensão: 12 m<sup>2</sup>

Ocupação: 1 pessoa

#### ANÁLISE DO GRÁFICO:

Após as 09h00 da manhã o gabinete de escritório foi ocupado por uma pessoa e manteve sempre a porta fechada, o que representou um aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> do gráfico de 750 ppm para os 1000 ppm que se verificaram durante todo o dia, até as 17h30 quando o gabinete voltou a ficar vazio. Durante a hora de almoço, 12h00 às 13h00 verificou-se uma ligeira descida dos níveis para os 850 ppm.

Após as 18h00 o gabinete manteve-se vazio e fechado até ao dia seguinte, o que representou uma descida dos valores entre os 720 ppm e os 780 ppm.

**CONCLUSÃO:** Verificou-se que num espaço pequeno, com a ocupação de uma pessoa os níveis de CO<sub>2</sub> nunca ultrapassaram os níveis máximos recomendados pela lei, de 1080 ppm. O espaço manteve sempre níveis favoráveis de CO<sub>2</sub> e apenas durante o período de actividade humana os níveis apresentaram-se mais elevados, rodando os 1000 ppm.

**PRINCIPAL POLUENTE:** Actividade Humana (1000 ppm)

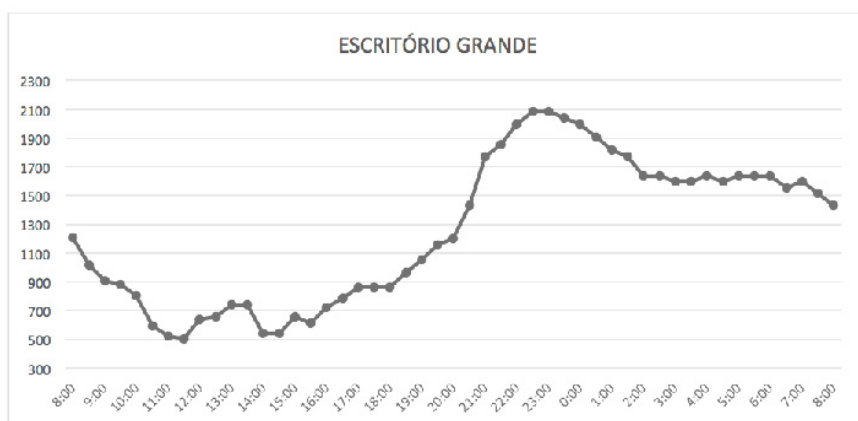


Gráfico 5: Concentração de CO2 no espaço 4

## 4. ESCRITÓRIO DE UMA EMPRESA

**Tipo de espaço:** Sala de escritório de trabalho grande, com uma porta normalmente aberta.

**Tipo de atividade:** Trabalho de escritório das 8h00 as 18h30

**Dimensão:** 60 m2

**Ocupação:** Cerca de 10 trabalhadores

### ANÁLISE DO GRÁFICO:

Às 08h00 foi aberto a sala de escritório e começaram a chegar os trabalhadores, o que representou no gráfico uma descida dos 1200 ppm para os 500 ppm. Durante a hora de almoço 12h00-13h30 a sala foi novamente fechada e os níveis aumentaram cerca de 150 ppm.

O escritório manteve sempre a porta aberta e com a ocupação de cerca de 10 trabalhadores até as 18h30, e níveis entre os 500 e os 900 ppm.

As 19h00 a porta do escritório é fechada até ao dia seguinte. Durante a noite podemos observar um aumento progressivo da concentração de CO2, até aos 2100 ppm, o que representa um nível bastante preocupante derivado do facto de não haver ventilação na sala e, de que, provavelmente muitos equipamentos de escritório são ainda novos e libertam toxinas para o ar.

**CONCLUSÃO:** Ao contrário do gráfico anterior, que fazia referência a um escritório pequeno de uma pessoa e em que a principal fonte emissora de CO2 era a actividade física, num escritório grande a principal fonte de emissão de CO2 revelou-se ser a ventilação da sala que foi nula, durante o período nocturno em que a porta esteve fechada. Nessa altura os níveis subiram para os 2100 ppm que são níveis elevados e prejudiciais à saúde. Conclui-se que se escritório manteve-se a porta fechada durante o período de trabalho os níveis de CO2 seriam bastante elevados, mas com a porta aberta apresentam-se bons moderados, de cerca de 900 ppm de concentração.

**PRINCIPAL POLUENTE:** Falta de circulação do ar (2100 ppm)



Gráfico 6: Concentração de CO<sub>2</sub> no espaço 5

## 5. QUARTO INDIVIDUAL

**Tipo de espaço:** Quarto pequeno, sem janelas

**Tipo de atividade:** Trabalho, lazer, dormir

**Dimensão:** 15m<sup>2</sup>

**Ocupação:** 1 pessoa

### ANÁLISE DO GRÁFICO:

O gráfico representa uma discrepância de valores muito elevada.

Durante o período em que o jovem esteve a dormir, das 03h00 às 11h00 da manhã, o gráfico revelou níveis de concentração de CO<sub>2</sub> bastante elevados que rondaram os 1800 e 2300 ppms, derivados do facto do quarto ser pequeno, de não ter nenhuma janela para fazer circular o ar, e da libertação de CO<sub>2</sub> durante o ato de dormir.

Entre as 11h00 e as 13h00 verificou-se uma descida repentina dos 2000 ppm para os 500 ppm quando o quarto foi aberto, que se manteve com valores favoráveis durante todo o dia, enquanto esteve aberto e a circular o ar.

Às 23h00 volta-se a verificar uma subida elevada dos níveis de CO<sub>2</sub> pois foi quando o quarto voltou a ser ocupado e ficou fechado.

**CONCLUSÃO:** Conclui-se que num quarto pequeno e individual, o ato de dormir é a principal fonte emissora de CO<sub>2</sub>, chegando aos 2300 ppm. E, que durante o dia se ocorrer a circulação de ar os níveis mantêm-se favoráveis.

**PRINCIPAL POLUENTE:** Dormir (2300 ppm)

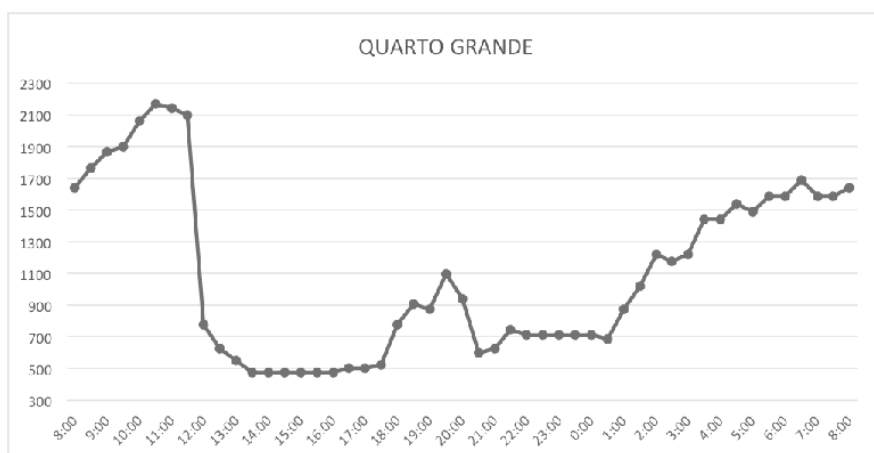


Gráfico 7: Concentração de CO<sub>2</sub> no espaço 6

## 6. QUARTO DE CASAL

**Tipo de espaço:** Quarto grande, com uma janela

**Tipo de atividade:** Trabalho, lazer, dormir

**Dimensão:** 45 m<sup>2</sup>

**Ocupação:** 2 pessoas

### ANÁLISE DO GRÁFICO:

Num quarto grande de casal, com janela, podemos verificar os níveis mantiveram-se sempre moderados durante o dia, e durante a noite e o período de dormir, mantiveram níveis altos que chegaram aos 2200 ppm.

Durante o período de dormir das 03h00 as 11h00 da manhã os níveis mantiveram-se altos dos 1200 ppm aos 2200 ppm, devido ao fato de serem duas pessoas a dormirem no mesmo espaço e de este, embora grande, seja mantido fechado durante a noite.

Após o acordar, as 11h00, a porta do quarto foi aberto e verificou-se uma descida até aos 500 ppm. O quarto teve a janela aberta até as 03h00 da noite quando foram dormir. Das 18h00 até as 20h00, o casal esteve no quarto a trabalhar e essa ocupação de das duas pessoas fez aumentar os níveis de ppm para os 1100, assim como no período das 01h00 as 03h00 quando se mantiveram no quarto.

**CONCLUSÃO:** Tal qual como no gráfico anterior, referente a um quarto pequeno individual, num quarto de casal grande, a principal fonte emissora de Co<sub>2</sub> é a mesma, o ato de dormir.

Durante o dia, a ocupação de duas pessoas num espaço, também mostrou se suficiente para atingir níveis médios de 1100 ppm.

**PRINCIPAL POLUENTE:** Dormir (2200 ppm)

## 2.1 CONCLUSÕES GERAIS

Através das diferentes análises pode-se concluir que os factores principais para o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> num espaço foram:

- Circulação do ar - Se o espaço tem janelas ou portas abertas
- Tamanho do espaço comparado com a ocupação de pessoas no seu interior
- Actividade humana, nomeadamente o dormir

Nos gráficos foram obtidas diferentes curvas de valores que variaram entre os 300 ppm e os 2300 ppm e considerando que:

- Níveis Bons - abaixo dos 750 ppm
- Níveis Médios - entre 750 ppm e 1080 ppm
- Níveis prejudiciais à saúde - acima dos 1080ppm

Verificou-se que todos os espaços analisados, à excepção do gabinete de trabalho individual (gráfico 3), apresentaram níveis prejudiciais à saúde acima dos 1080 ppm.

O fator mais importante para evitar problemas relacionados com a elevada concentração de CO<sub>2</sub> é a ventilação do espaço. E, considerando que todos os espaços mantiveram uma boa ventilação, verificou-se que em espaços pequenos os níveis de co<sub>2</sub> mais elevados são derivados da atividade física e da ocupação humana. Enquanto que nos espaços maiores a actividade física não revela ser um fator prejudicial.

Os quartos foram os que apresentaram níveis de CO<sub>2</sub> mais elevados rondando os 2000 ppm, que se obtivera durante o período de dormir, pois é quando são libertados maior quantidades de Co<sub>2</sub>. Este é um fator preocupante, principalmente em quartos pequenos e sem janelas, que se pode tornar bastante prejudicial para a saúde do ser humano, demonstrando a urgência de alertar o ser humano para o problema e a possível colocação de uma ou mais plantas adequados num quarto de forma a regularizar os níveis de CO<sub>2</sub>.

### 3. DESENHO E DETALHE

O desenvolvimento do projeto consistiu num processo criativo por meio de esboços, desenhos de representação e simulação visual.





## 4. PRODUTO FINAL | CO<sub>2</sub> | PROJETO 1

O objetivo do projeto consistiu na criação de um vaso, que funcione como um dispositivo de alerta para a qualidade do ar que respiramos. E, que permita à população ganhar maior consciência sobre a necessidade de proteger os seus espaços, mantendo os verde e saudáveis, através da utilização de plantas purificadoras de ar que permitem reduzir a saturação de VOCs e CO<sub>2</sub> presentes no ar.

### 4.1 SISTEMA ELETRÔNICO

Para controlar a concentração de CO<sub>2</sub> no ar, foi instalado no interior um sensor de CO<sub>2</sub>, um sensor de CO<sub>2</sub> - MQ135, igual ao utilizado anteriormente na recolha e análise dos dados da concentração de CO<sub>2</sub>.

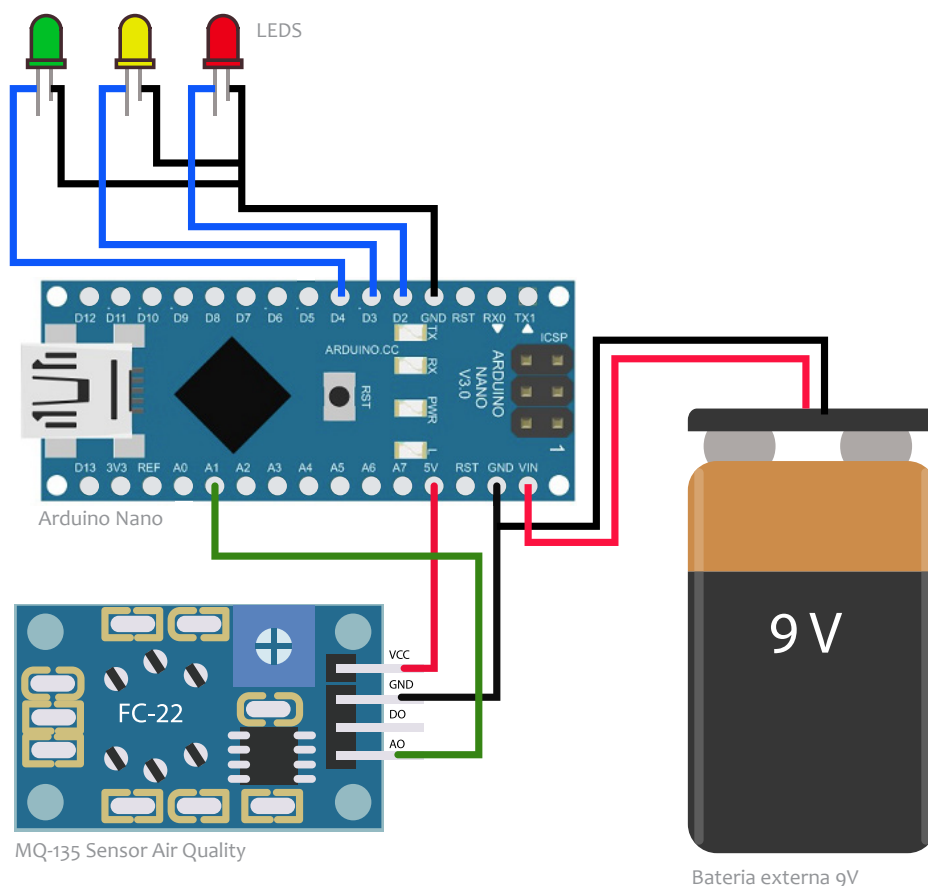
O MQ-135 Sensor Air Quality, é um modulo com um sensor eletro-químico que permite a leitura de vários compostos do ar, como o benzeno, álcool, NH<sub>3</sub> e o CO<sub>2</sub> e pode ser utilizado tanto em espaços de interior como no exterior, sendo o valor lido proporcional à qualidade do ar medida pelo sensor. O sensor tem saída analógica e necessita de 5v para funcionar corretamente.

Para o desenvolvimento deste projeto, foi utilizado um Arduino Nano de pequenas dimensões para programação e fazer leitura do sensor MQ135. Inicialmente, foi necessário aquecer o sensor durante 24 horas para obter os valores de calibração, tendo-se utilizado como referência os valores de gás Co<sub>2</sub> presente na atmosfera lidos no exterior.

Para avisar o utilizador se o ar que respira é benéfico à saúde ou está a prejudicar o seu desempenho e bem estar, foram colocadas três luzes LEDS - vermelha, amarelo e verde, no exterior do vaso.

- Cor verde, indica que os níveis de CO<sub>2</sub> estão abaixo dos 750 ppm e, que o ar é respirável e que contem poucas partículas tóxicas.
- Cor amarela, indica que os níveis de CO<sub>2</sub> estão entre os 750 e 1080 ppm, e que devemos ter cuidado
- Cor vermelha indica que os níveis de CO<sub>2</sub> estão acima dos 1080 ppm e, que o ar é prejudicial à nossa saúde, e que devemos arejar o espaço.

Foi também, adicionado uma bateria externa de 9V para tornar o sistema electrónico autónomo, tal como podemos ver no esquema seguinte, relativo às ligações que ocorrem no interior do vaso.



Esquema 8: Ligações do sistema de leitura CO<sub>2</sub> -projeto 1  
Fonte: Autor

## 4.1 FORMA E MATERIAIS

O vaso é constituído por dois cubos geométricos (figura 126) e é feito de material orgânico e sustentáveis. O cubo superior é feito de cerâmica e acolherá a planta; o cubo inferior é feito de madeira e contém todo o sistema electrónico do vaso.

Os dois cubos são encaixados um por cima do outro, de forma a ocupar pouco espaço e ser facilmente encaixado em qualquer espaço de interior.

O vaso é uma peça decorativa que confere uma atmosfera “rústica” e natural aos espaços, e ao mesmo tempo, a combinação da cerâmica branca vidrada com a robustez da madeira confere um toque moderno ao vaso.

Propõe-se a colocação deste vaso, em cima de uma mesa, estante, parapeito ou outro local visível. E em espaços onde normalmente as janelas não são abertas ou não existe a livre circulação de ar, recorrendo de maneira geral a equipamentos para regular a temperatura do ar, ou lugares onde trabalham e circula muita gente, como por exemplo em casa, escritórios, lojas, bibliotecas, centros hospitalares, lares de idosos, ginásios, entre outros.

O projeto vai ao encontro de qualquer comunidade que pretende limpar a pegada de carbono. Esperamos que primeiro, uma pessoa neutralize o seu CO<sub>2</sub>, a seguir uma família, um espaço, um grupo, uma comunidade, e espera-se que toda a comunidade venha a ter maior atenção com o estado alarmante em que se encontra o nosso planeta. Cada um de nós pode fazer a diferença, para um planeta mais saudável.



a) vaso Co<sub>2</sub>



b) caixa em madeira onde funcionam os componentes eletrônicos e vaso em cerâmica

Fig.92: Vaso cO<sub>2</sub> -- Primeiro projeto

## 5. PRODUTO FINAL | CO2 | PROJETO 2

No contexto das necessidades da sociedade digital, e com o aumento da interação humana com as tecnologias nos novos modos e costumes da vida diária, surgiu a ideia de desenvolver um segundo vaso, com o mesmo objetivo do primeiro, mas que inclui-se um sistema electrónico conectado por Internet a uma aplicação para telemóvel, capaz de calcular em tempo real o défice de CO<sub>2</sub> de cada pessoa e classificar a qualidade de ar dentro de um determinado local.

Para potencializar melhores resultados, pois quanto maior for a taxa de transpiração da planta maior a capacidade de absorver as toxinas do ar, foi adicionado um sensor de humidade que permitirá controlar os níveis de humidade do solo e alertar para as necessidades de rega da planta, para que esta cresça saudável e produza de forma eficiente a fotossíntese, tornando o ar mais saudável para o ser humano.

### 5.1. SISTEMA ELETRÓNICO

Para a elaboração do sistema electrónico a incorporar no novo vaso, foram utilizados vários componentes - uma placa Arduino Uno, uma placa Sparfun Thing Dev com comunicação wi-fi, um sensor de humidade da terra e um sensor de concentração de gás CO<sub>2</sub> no ar em espaços interiores.

#### ARDUINO UNO

É uma placa que permite a programação de vários sensores, placas e módulos. O Arduino Uno tem várias entradas analógicas e digitais e conexão USB. Opera com um fornecimento externo indicado de 7 a 12 volts para funcionar corretamente.

#### PLACA SPARKFUN ESP8266 THING DEV

É um micro-controlador para programação com conexão USB e compatível com Arduino. É uma placa útil para projetos que requerem ligação à Internet, pois possui integrado à placa um controlador Wi-fi. A placa tem entradas digitais e uma analógica. E os dados são enviados via Wi-fi para a aplicação Blynk para dispositivos de Android.

#### SENSOR DE CO2 - CO2 SENSOR V1.2

É um modulo com um sensor MG-811 altamente sensível ao CO<sub>2</sub> e pouco sensível aos outros gases atmosféricos, como álcool ou monóxido de carbono, sendo por isso próprio para medições da concentração de CO<sub>2</sub> em espaços interiores.

O sensor requer 6V para funcionar corretamente uma vez que tem que aquecer para obter os resultados exactos.

Tem uma saída analógica utilizada para ler os valores em tempo real e uma saída digital que pode ser programada para mudar a uma certa concentração de CO<sub>2</sub>.

O sensor tem uma zona de funcionamento que se situa entre os 400 e os 1000 ppm, sendo que abaixo dos 400ppm o sensor é sensível a outros gases.

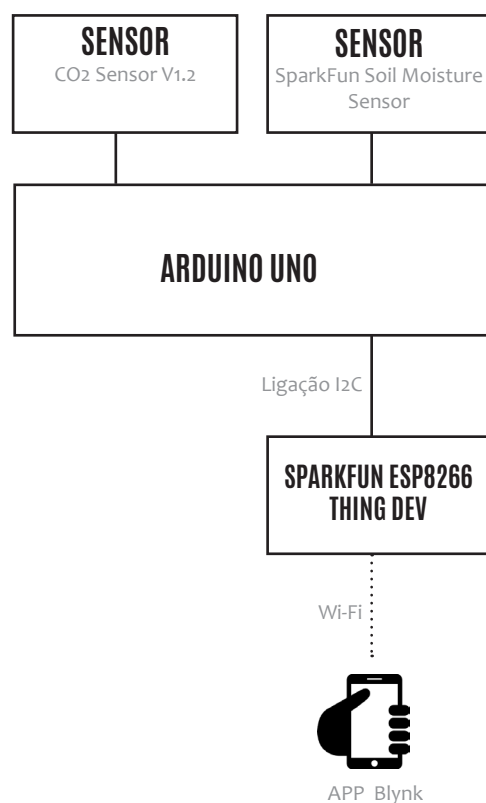
## SPARKFUN SOIL MOISTURE SENSOR

É um sensor simples que permite medir a humidade da terra a partir de duas pontas que ficam inseridas na solo da planta.

Funciona como uma resistência variável uma vez que uma maior percentagem de água no solo significa uma maior condutividade e assim menor será a resistência do sensor.

O modulo tem uma saída analógica e é alimentado a 5V.

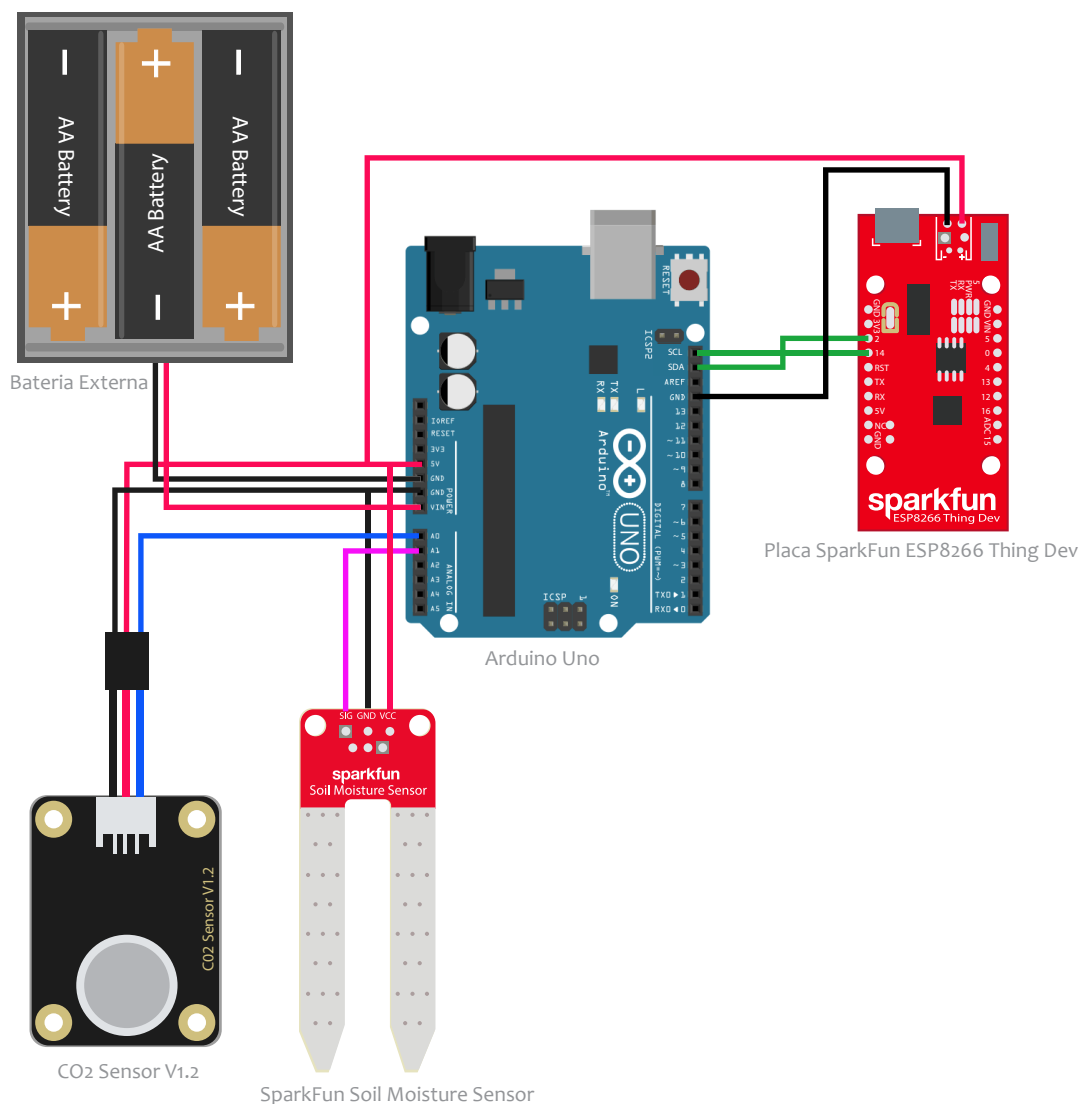
A comunicação entre as duas placas utilizadas foi feita através dos pinos SDA-SCL, utilizando o protocolo I2C. Os sensores foram conectados à placa de Arduino Uno que envia os dados para a placa ESP8266 Thing Dev, que por sua vez os envia, via Wi-fi, para uma aplicação no smartphone. Através deste método existe a recepção dos dados lidos nos sensores pela aplicação, representada no esquema seguinte:



Esquema 9: Sistema eletrônico - projeto 2  
Fonte: Autor

Não foi possível utilizar a placa SparkFun ESP8266 Thing Dev para leitura dos sensores, uma vez que a placa não aceita nem oferece potência suficiente para operar os sensores, e não tem entradas analógicas suficientes para a leitura. Por essa razão, foi utilizada a placa de Arduino com a função de programação e leitura dos sensores.

O esquema 10 mostra a forma como o conjunto electrónico opera e as várias ligações entre as placas e os sensores.



Esquema 10: Ligações do sistema de leitura CO2 -projeto 2

Foi necessário adicionar uma bateria externa ao sistema, composta por 6 pilhas do tipo AA, que produzem uma tensão total de 9V, de modo a permitir um bom funcionamento de todos os componentes e a autonomia do sistema. Não foi utilizada uma pilha de 9V uma vez que a corrente fornecida não era suficiente para fazer operar o sistema.

Os dados obtidos aparecem sobre a forma de gráfico de forma a haver um entendimento fácil de variação dos níveis de CO<sub>2</sub> e da descida de humidade da terra, como podemos ver pelo exemplo da figura 92.

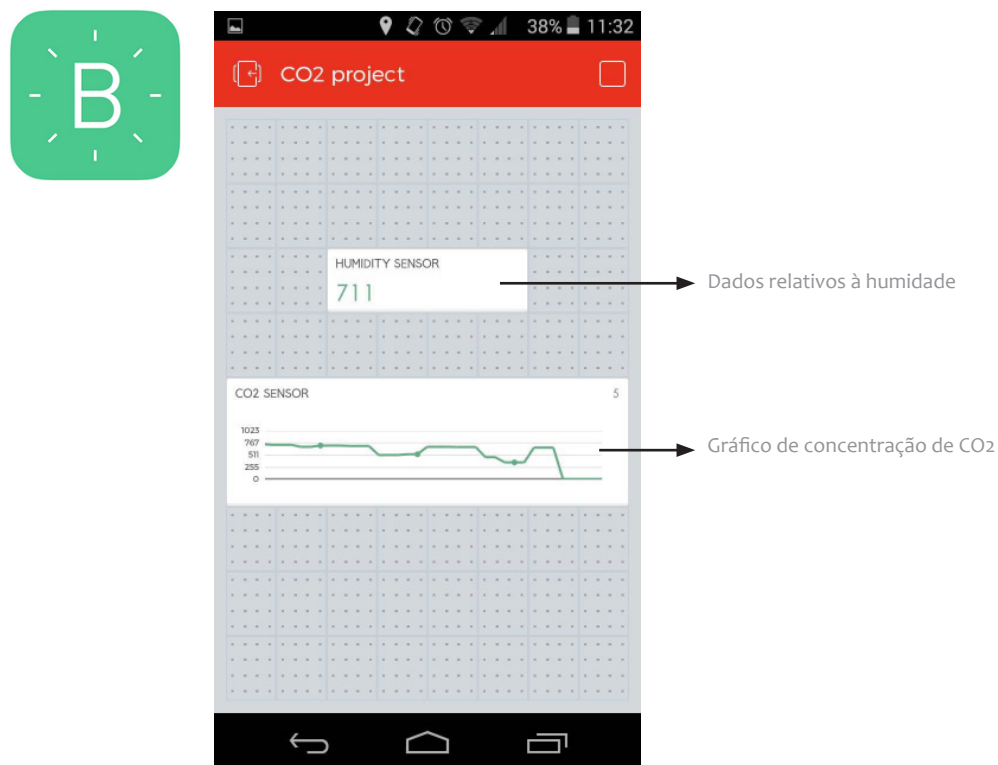


Fig. 93: Recolha de dados pela aplicação Blynk

## 5.2. FORMA E MATERIAIS

O vaso é feito em barro, com uma pequena base em madeira (figura 93). Tem uma forma rectangular e está dividido em duas partes, sendo que a parte superior funciona como vaso para acoplar a planta e a parte de baixo guarda o sistema eletrónico e os sensores.

O sensor de humidade tem uma ligação interior à terra da planta, e o sensor de CO<sub>2</sub> tem uma saída exterior, de modo a ler a concentração de CO<sub>2</sub> no ar.



Fig. 94: Vaso que mede a concentração de CO<sub>2</sub>



a) vaso em barro com base em madeira



b) materiais utilizados: madeira e barro



## 6. TRABALHO FUTURO

Os vasos foram desenvolvidos em barro e madeira e apresentam um cariz ecológico e sustentável, que cruza o natural das plantas com o artificial dos sistemas electrónicos.

No entanto, neste projeto, a potência necessária para a alimentação do sistema electrónico é fornecida através de pilhas que deverão ser substituídas por formas sustentáveis de gerar energia, sem fazer uso de combustíveis fósseis que tem um efeito negativo sobre o ambiente.

Nos últimos anos, tem-se assistido a um crescente interesse da sociedade por questões ligadas à proteção do meio ambiente, da poupança dos recursos energéticos e da procura de novos recursos alternativos, como energias renováveis, não poluentes.

Na continuação deste projeto, será necessário fazer um estudo relativo ao uso de energia natural e ecológica, de forma a substituir as pilhas por outra forma de energia sustentável, como por exemplo energia solar, ou pela obtenção de energia a partir das plantas.

A energia solar, para além de ser uma tendência hoje em dia, é uma das fontes de energia mais promissoras do futuro, que tem diferentes tipos de utilização e propriedades “eco friendly” que representam vantagens sobre a maioria dos métodos atualmente utilizados para gerar energia elétrica.

As células solares orgânicas e as DSC Células de Gratzel são outra possibilidade, que utilizam semicondutores orgânicos, tais como polímeros condutores, tintas, pigmentos, e cristais líquidos, que são fabricados de forma barata e nos últimos anos passaram a ter um rendimento de 1% para 5%.

A utilização de plantas para gerar eletricidade é também já uma realidade, e existem vários projetos, materiais e conceitos promissores que têm vindo a ser testados, como por exemplo, a parede de musgo de Elena Mitrofanova e de Paolo Bombelli, a mesa de musgo de Alex Driver e Carlos Peralta, ou o Musgo FM de Fabienne Felder que utilizam uma bactéria presente no musgo que tem capacidade para gerar energia, de acordo com descobertas da biofotovoltaica. Outros projetos de referência são o Plant-E que utiliza a biomassa excretada pelas plantas, Carolina Guerrero, Camila Rupcich e Evelyn Aravena que desenvolveram um carregador portátil que é colocado na terra de um vaso para absorver a energia residual das plantas e convertê-la em energia elétrica, e pesquisas desenvolvidas na universidade de Georgia (UGA) que fazem a extração de energia elétrica a partir dos eletrões libertados folhas das plantas durante o processo da fotossíntese.

Neste sentido, existe ainda um longo caminho pela frente, investigações futuras e a parceria em projetos, tornaria este vaso, num produto natural e tecnológico, sem impacto ambiental e que nos ajudaria a manter um ambiente mais saudável na nossa casa.



# CONCLUSÃO

# CONCLUSÃO

O processo de design é alimentado por um sentimento de curiosidade e um desejo de entender o quão longe certos materiais conseguem ser empurrados, o que leva à invenção e à inovação de produtos com interpretações originais para a vida quotidiana. Este trabalho pretende apresentar uma nova abordagem sobre a aplicação de materiais e sistemas inovadores em projeto de Design de produto.

Nas ultimas décadas a relação entre as inovações tecnológicas e científicas, tem levado a experimentar e introduzir novas vertentes no design, um exemplo, são os materiais inteligentes, que vieram revolucionar a prática, oferecendo inúmeras soluções projetuais, muitas delas ainda não se encontram no mercado, constituindo apenas estudos e investigações.

Os materiais cromotativos têm contribuído para a evolução de soluções e equipamentos com qualidades dinâmicas, comunicativas e inteligentes, e abriram novas oportunidades para a interação entre o utilizador e o produto. Levando ao desenvolvimento de estudos sobre características, comportamento técnico, técnicas de aplicação e possibilidades estéticas, quando aplicadas em projetos e objetos do quotidiano.

Tudo o que projetamos e a forma como o construímos, é causa e consequência da forma como agimos e pensamos. Os novos materiais e tecnologias que surgem, devem ser utilizados numa perspectiva sustentável para o meio ambiente e para todos os seres vivos com quem partilhamos o planeta, de modo a que o seu efeito não seja destrutivo para os eco-sistemas.

Esta investigação debruçou-se sobre numa política de sustentabilidade, tendo em atenção os recursos utilizados e realçando políticas educativas com vista a promover a preservação do meio ambiente, nomeadamente a falta de qualidade do ar em espaços interiores.

O projeto final levou ao desenvolvimento de duas coleções de vasos interativos e inteligentes que mudam de cor e alertam o utilizador quer para as necessidades da planta, quer fornecendo informação sobre o estado do ar no local. Os vasos convidam ao toque e à exploração do material e pretendem ser atrativos e funcionais ao ponto de incentivar o cultivo de plantas em casa, locais de trabalho e lazer, de modo a evitar o sintoma de desapego humano com a natureza, que tem vindo a expressar-se como um potencial problema nas culturas modernas.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

As temáticas apresentadas nesta dissertação devem ser vistas como base de divulgação e ampliação de conhecimento, para designers e todos os interessados nestas matérias.

Os materiais cromoativos são verdadeiros estimulantes criativos, que ainda não tem definidas muitas das suas qualidades e propriedades, deixando espaço para o design criar o seu próprio feedback para a descoberta do material. Esta investigação levou a acabo uma possível exploração destes materiais aplicados em diferentes tipos de materiais cerâmicos.

A má qualidade do ar em espaços interiores é um problema corrente no nosso dia-a-dia e apesar de se encontrar diversa informação e estudos sobre o tema, a sociedade em geral, não está consciencializada dos danos que a poluição do ar pode vir a ter na saúde do ser humano. Com base nesta ideia, fui caminhando no sentido de criar um produto simples e ao mesmo tempo interativo, funcional, acessível e esteticamente agradável e enquadrável em diversos ambientes, com potencialidades para o mercado.

No final, o projeto desenvolvido contem, uma coleção de vasos cerâmicos com qualidades cromoativas, e um vaso inteligentes que nos alerta para a concentração de CO<sub>2</sub> no ar. Ambos os produtos foram fruto de um exercício projetual anterior que relacionou os novos materiais e tecnologias, com plantas e o ser humano.

Durante a investigação não encontrei nenhum produto similar aos que projetei, considerando que estes vasos podem representar uma novidade para o mercado. A investigação desenvolvida, permitiu criar uma base de informação, que pode ser uma mais valia para futuras pesquisas e projetos.

As novas dimensões qualitativas dos materiais e sistemas inteligentes apresentadas ao longo desta tese, pretendem estimular os designers e interessados, a tomar uma atitude mais pró-ativa na escolha e aplicação dos materiais, uma vez que podem alterar de forma criativa as potencialidades de um simples objetos e apelar a uma nova prática no ramo do design.

Nesta área, e na minha opinião, as diferentes áreas da Engenharia e do Design, quer em termos académicos quer em termos construtivos, devem unir forças para tornar real, produtos que antes eram inimagináveis.

# CONSIDERAÇÕES PESSOAIS

“Um designer tem sido sempre e também um professor (...) temos de alargar as nossas próprias áreas do conhecimento, e simultaneamente reorientar os nossos modos de trabalhar” Papanek, 1995

O design de produto serve como “background” de oportunidades de desenvolvimento em varias áreas. Foi a curiosidade e a vontade de aprender mais sobre temas que me são desconhecidos, que me fez iniciar este caminho e avançar.

Um dos aspectos mais valiosos na execução de um projeto, seja ele de design ou outro - quando se passa ao trabalho prático, é a quantidade de dúvidas que nos assaltam à partida, mas que nos vão levando através da intuição e da experimentação a mais conhecimento e mais dúvidas até chegar a um ponto em que a teoria e a falta de experiência aliada à curiosidade vão-se transformando em conhecimento e a ideia começa a tomar forma.

Esta tese partiu de uma ideia inicial um pouco diferente, mas que ao longo do tempo, e depois de muitos estudos e pesquisas, se foi transformando até ao resultado final de duas coleções de vasos inteligentes e “mágicos”. Estou bastante contente e satisfeita com o resultado final, mas consciente de que este é o princípio de um caminho e que ainda existe muito a ser explorado e melhorado no futuro.

Nunca tinha trabalhado com electrónica, sensores e arduinos, aprendi muito mais sobre poluição ambiental no geral e nos espaços fechados em particular, causas, efeitos e formas de reversão. Para a execução das peças fiz algumas experiências num atelier de cerâmica onde aprendi algumas técnicas e numa olaria rústica, onde experimentei a roda, que não estavam inicialmente previstos, mas que se revelaram importantes.

Durante todo este caminho, foi a curiosidade que levou à pesquisa e à experimentação, tendo sido uma maneira de enriquecer os meus conhecimentos, e perceber o quanto há para aprender. Sinto que cresci na área do design e resolução criativa de problemas, através das buscas de novos campos de investigação, descoberta e utilização destes materiais, o que suscitou em mim muita curiosidade e de certa forma, um regresso à minha infância, quando podia experimentar riscos, cores e formas.

Concluo que o design sempre fez parte da minha vida sem me dar conta. A vontade de experimentar e de poder por em prática com as minhas mãos, projetos que eu idealizo, é uma forma de alargar os limites do pensamento, e tentar ver e chegar mais longe. A investigação e aprendizagem que fui desenvolvendo ao longo deste projeto exploratório, abriu portas para novas aplicações e ideias.

No futuro, gostaria de continuar a desenvolver projetos interativos, relacionados com as diferentes potencialidades e abordagens dos materiais.

**OBRIGADO.**



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## DESIGN

BAHAMÓN, A. e PÉREZ, P, *Arquitetura Animal - Analogias entre o mundo animal e a arquitectura contemporânea*. Lisboa: Dinalivro; 2007

BERNHARD E. BÜRDEK; *História, Teoria e Prática do Design de Produtos*, Editora Edgard Blücher, 2016

DAVID HOLSTIUS, JOHN KEMBEL, AMY HURST, PENG-HUI WAN, JODI FORLIZZI; *Infotropism: Living and Robotic Plants as Interactive Displays*. Publicado em DIS '04 Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques; 2004

EVERTON; FERNANDO ALVES; *Theory of Intelligent Design; Teoria do Design Inteligente*

LEROI-GOURHAN, ANDRÉ; *Evolução e Técnicas - O Homem e a Matéria*, Edições 70, 1984

MALDONADO, TOMAS; *Design industrial*, edição edições 70, 2009

MAIA, PEDRO BANDEIRA; *A inspiração biológica no design de novos modelos de interação*, 2012

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. *O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais*. São Paulo: Edusp, 2002.

MANZINI, EZIO; *A matéria da invenção*” em *Design em Aberto - uma Antologia*, Porto Editora, 1989

MORAES, DIJION; *Limites do design...* Editora Studio Nobel, 2008

MUNARI, BRUNO; *Das Coisas Nascem as Coisas*, Ed. Edições 70, Lisboa, 1993

MUNARI, BRUNO; *Artista e Designer*, Ed. Edições 70, Lisboa, 2004

NORMAN; DONALD; *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*; Paperback, 2004

BONSIEPE, GUI; *Teoria e Prática do Design Industrial: Elementos para um Manual Crítico*. Lisboa: Centro Português do Design, 1992

DARWIN, CHARLES; *A origem das espécies*. London: John Murray; 1959

DE NOBLET, JOCELYN; *Industrial Design: Reflection of a Century - 19th To 21st Century*. Hardcover, Ed. Flammarion, 1996

FIELL, CHARLOTTE e FIELL, PETER; *Design do Século XX*. Taschen, 2005

PANTALEÃO, LUCAS FARINELLI. *Arte, Design, Ciência e tecnologia: Indagação e expectativas sobre a contribuição da interatividade em prol da consciência ecológica*. International Meeting of Art and Technology; 2014

PAPANEK, VICTOR; *Edugraphology - The Myths of Design and the Design of Myths*, 1999

PAPANEK, VICTOR; *Renovar as coisas e torná-las belas*, em *Design em Aberto: uma antologia*. Porto Editora, 1993

PAPANEK; VITOR; *Arquitetura e Design. Ecologia e Ética [The Green Imperative – Ecology and Ethics in Design and*



*Architecture*]. 1995, Edições 70, na colecção *Arquitectura e Urbanismo*.

PAPANEK, VITOR; *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*. Academy chicao publishers, 2005

PARRA, PAULO; *Design simbiótico: cultura projectual, sistemas biológicos e sistemas tecnológicos*, Tese doutoramento, 2007

PARRA, PAULO; *As origens do Design Português - Design Suave inserido em Design Et Al - dez perspectivas contemporâneas de emilio tavora vilar*, edição Dom quixote, 2014

REI, DALCACIO; *Product Design in The Sustainable Era*. Taschen, 2010

RUIVO, MARIA INES SECCA; *Design para o futuro: O individuo entre o artificial e a natureza*, Tese doutoramento, 2011

SANTOS, NUNO MIGUEL; *“Integração de biónica em design de produto”*, Tese de mestrado, 2014

TSCHIMMEL, KATJA; *Design as a Perception-in-Action Prozess*. In Design Creativity 2011

*Colour: Design and Creativity*, publicado em 2010 da Society of Dyers and Colourists e no Journal of the International Colour Association.

*Treats Design as Art*, - Antonelli Paola - TedTalks 2007.

Disponível em [http://www.ted.com/talks/lang/por\\_br/paola\\_antonelli\\_treats\\_design\\_as\\_art.html](http://www.ted.com/talks/lang/por_br/paola_antonelli_treats_design_as_art.html). Consultado em Junho 2016

## MATERIAIS

ASHBY, M.F.; JOHSON, K.; *Materials and design: the art and science of material selectin in product design*. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2010

BEYLERIAN GEORGE M., DENT, ANDREW H. *Ultra Materials: How Materials Innovation is Changing the World*; Thames & Hudson; 2007

BOUAS-LAURENT, H.; DURR, H. *Organic Photo-chromism*, Angewandte Chemie, 2004

DIAS, M.R.A CORREIA; *Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação Permatius*; Tese de Doutoramento, 2009

FERREIRA, A.; NUNES, F.; OLIVEIRA F. *Têxteis Inteligentes – Uma breve revisão da literatura Smart Textile – A Review of Literature (State of the Art)*, Universidade do Minho, Redige

FERREIRA, A.; FERREIRA, F.N. ; OLIVEIRA, F.R; *Smart Textile – A Review of Literature (State of the Art)*, 2014

FERRARA, MARINELLA; BENGISU, MURAT; *Materials that Change Color - Smart Materials, Intelligent Design*, SpringerBriefs, 2014

FERRARA, MARINELLA E BENGISU, MURAT, *Intelligent design with chromogenic materials*, de. Artigo do Journal of the International Colour Association; 2004

HINTE, ED VAN; ADRIAAN BEUKER; *Lightness — The Inevitable Renaissance of Minimum Energy Structures*, English with Dutch summary, 2005

KLEIN, ALOÍSIO N.; FREDEL, MÁRCIO C.; WENDHAUSEN, PAULO A. P.; *Novos Materiais: Realidade e tendências de*

*desenvolvimento*, 2011

LAKOWICZ, J. R.; *Principles of fluorescence spectroscopy*. Springer; New York, 2006

SAVI, MARCELO; OLIVEIRA, SERGIO *Os Materiais Inteligentes e suas Aplicações*, A. 2003

OTSUKA, K.; WAYMAN, C. M. *Shape Memory Materials*. Cambridge University Press, 1999.

RITTER, AXEL; *Smart Materials in architecture, interior and design*. Birkhauser, 2007

TAO, X. *Smart fibres, fabrics, and clothing*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001

ZAROTTI, CLAUDIO; “*Novos Materiais*” em *Design em Aberto: uma antologia*. Porto Editora, 1993

Catarina Mota e Kirsty Boyle, [www.openMaterials.com](http://www.openMaterials.com), 2009. Site para compartilhar informações e experiências para a produção de DIY de materiais inteligentes. Eles recolhem vídeos, informações sobre vários materiais e ferramentas para a produção, e detalhes de experimentos por outros fabricantes.

*Farbstoffsolarzellen - From DIY to Solar Chic*, Artigo da revista FORM, nº 254.

## QUALIDADE DO AR

ASHRAE. *Fundamentals Handbook. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning*; 2005

ASHRAE; Standard 62-2001 *Ventilation for acceptable indoor air quality*. Atlanta: ASHRAE; 2001

AWBI, H. *Ventilation of buildings*. USA e Canadá, 2003

**Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril** - Aprova o SCE, define o âmbito de aplicação, as entidades gestoras do sistema e respectivas normas gerais;

**Decreto - Lei nº 79/2000, de 4 de Abril**. A aprova o regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios.

**Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril** – Aprova o novo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Estabelece os requisitos para a QAI e de renovação e tratamento de ar que englobam a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização, a obrigatoriedade de auditorias e inspeções periódicas e a garantia da QAI;

**Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril** – Aprova o novo Regulamento Nacional de Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Estabelece os requisitos de qualidade para novos edifícios de habitação e pequenos serviços sem sistemas de climatização.

**DHFS - Department of Health and Family Services**, publicado em 2005. Disponível em <http://dhfs.wisconsin.gov/eh/chemFS/pdf/CarbonDioxide.pdf>.

HOLSTIUS, DAVID; KEMBEL, JOHN; HURST, AMY; WAN, PENG-HUI; FORLIZZI, JODI; *Infotropism: Living and Robotic Plants as Interactive Displays*, 2004

KEVIN KELLI IN CONFORT *Out of Control - The New Biology of Machines, Social Systems, and the Economic World*, 1995

**NASA Guide to Air-Filtering Houseplants**, publicado em 2015.

NÓBREGA, NOBRE; *Efeito do ar exterior na qualidade do ar interior em edifícios com ventilação natural*, tese de mestrado, 2002

PERSILY, A. K. (ATLANTA, 1997); *Evaluating building IAQ and ventilation with indoor carbon dioxide*. ASHRAE Transactions, vol.103

PINTO, A. *Sistemas de climatização e ventilação mecânica*. In *Seminário Ambiente em Edifícios Urbanos*. Lisboa: LNEC. 2000

**Qualidade do Ar em Espaços Interiores, Um Guia Técnico, artigo** da Agência Portuguesa do Ambiente. 2009

SPENGLER, J. D., SAMET, J. M., & MCCARTHY, J. F. *Indoor air quality handbook*. 2001

VIEGAS, J. C. *Contribuição da ventilação para a qualidade do ambiente interior em edifícios*. In Seminário ambiente em edifícios urbanos. Lisboa: LNEC; 2000

# ANEXOS

## TRABALHO NO ATELIER DE CERÂMICA NO PORTO

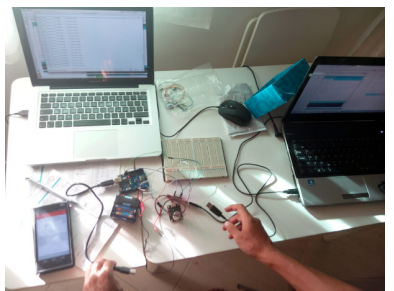
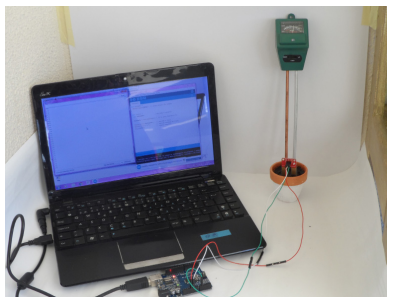
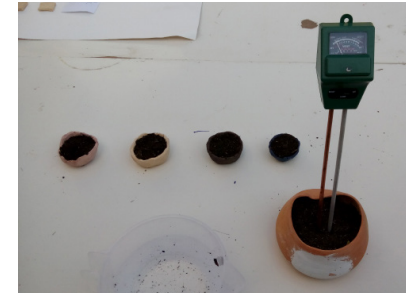




## TRABALHO NA OLARIA DE SETÚBAL



## EXPERIÊNCIAS DIVERSAS



# THERMOCHROMIC SCREEN INK

Tinta sensível a variações de temperatura, exibindo uma mudança de cor. A tinta perde a cor e torna-se translúcida quando em contacto com o calor. A tinta termocrômica quando aplicada numa superfície, desaparece à medida que a temperatura sobe acima da temperatura de activação e volta à sua cor original, quando a temperatura reduz abaixo da temperatura de resposta.

## DADOS TÉCNICOS:

**Nome do produto:** Water based Thermochromic ink

**Descrição:** Tinta aquosa à base de carbono, reversível

**Cores Disponíveis:** Preto, azul, magenta, amarelo, roxo e vermelho

## APLICAÇÃO:

**Tipos de superfície:** Substratos de papel, cartão absorvente, plástico, película, têxteis. Pode também ser usada em toners para impressão mas o seu efeito dependerá do tipo de substrato, secagem, temperatura e velocidade da impressão.

**Instruções de mistura:** A tinta é fornecida num sistema de duas partes, 50% de binder e 50% pasta termocrômica e deve ser misturado em quantidades igual. Pode-se misturar água, cerca de 10%, ao sistema da tinta a fim de diluir a viscosidade da mesma. Nenhum outro tipo de diluente é aconselhável pois irão afetar o desempenho da tinta.

**Adesão:** Antes de aplicar a tinta, verificar se a superfície está limpa, pois a função da mudança de cor pode ser afectada por solventes. A adesão depende das propriedades da superfície onde é aplicada a tinta, e devido à grande variedade, é aconselhável fazer uma experimentação prévia para testar os seus resultados e aderência da tinta. Para obter uma boa opacidade é crucial ter em conta o volume da tinta aplicado sobre a superfície. Ao aplicar muita tinta, o nível residual da cor vai aumentar, abaixo e a cima da temperatura de activação, impedindo assim de obter uma opacidade de 100%. O consumo de tinta equivale a 30-35 gramas por m<sup>2</sup>. Quando uma só aplicação tem um efeito lento, é possível fazer uma nova aplicação da tinta para reforçar e tornar o efeito mais rápido.

**Secagem:** A tinta não seca ao ar, sendo necessário fazer uma pequena cura a 70°C. Após seca, a cor apresenta um acabamento mate. Para obter um aspecto mais brilhante é possível e recomendado a aplicação de um verniz adequado.

**Efeito:** A tinta é de cor preta, 3 a 4 graus abaixo da temperatura de activação e incolor acima da temperatura de activação. A temperaturas de ativação padrão são 15, 31 e 47 °C, mas existem também tintas cuja temperatura de activação são os -10 e + 69 °C. O efeito termocrômico várias vezes aquecido a temperaturas acima dos 50°C vai perder lentamente a intensidade da cor abaixo da temperatura de activação.

## PROPRIEDADES:

**Resistência à luz:** A tinta é inerentemente susceptível a danos causados pela luz UV, sendo que a sua utilização só deve ser feita em aplicações em que é esperado o mínimo de exposição à luz UV. Pode ser utilizado acabamento em verniz para retardar essa degradação.

**Resistência à abrasão:** É necessário aplicar um verniz ou laminado sobre a tinta seca para melhor a resistência à abrasão quando a pressão é baixa.

### Composição:

Teor de pigmento (%) 24 ± 1,5

Solvente: água

Viscosidade: 1 5000-40000 cps

**Segurança:** Ausência de perigo, não tem componentes perigosos

**Limpeza:** Pode ser feita com água

# PHOTOCHROMIC PLASTISOL

Tinta transparente que ganha cor quando é submetida à luz solar directa. O efeito é reversível, o que significa que quando a fonte de luz desaparece a tinta torna-se incolor novamente.

## DADOS TÉCNICOS:

**Nome do produto:** Chameleon Photochromic Plastisol Ink

**Descrição:** Tinta aquosa reversível

**Cores Disponíveis:** As cores padrão são o azul, amarelo e roxo, outras cores são o azul ciano, verde, laranja, vermelho, magenta, rosa, ameixa, roxo, castanho, preto, ouro.

## APLICAÇÃO:

**Tipos de superfície:** Ideal para a aplicação em fibras naturais. Pode também ser usada em toners para impressão, utilizando a cor cyan, yellow, magenta e Charcoal (preto), ou em técnicas de serigrafia.

**Instruções de mistura:** O conteúdo vem pronto a ser utilizado. A tinta deve ser bem misturada e agitada antes da sua aplicação para diminuir a sua viscosidade. Algumas tintas engrossam ao longo do tempo. Diluentes ou extensores não são recomendados, pois é susceptível da tinta ser danificada, e resultar de mau desempenho. Não misturar cores, pois cada uma tem um sistema de estabilização específico que não deve ser modificado.

**Adesão:** a adesão depende das propriedades da superfície onde é aplicada a tinta. Devido à grande variedade é necessário fazer uma experimentação prévia para testar os seus resultados e aderência da tinta. Não deve ser aplicado nenhum verniz de protecção da tinta, pois vai interferir com as propriedades da mudança de cor.

**Secagem:** A tinta não seca ao ar, por isso é necessário fazer uma cura adequada, a 150°C, sem exceder os 160°C, pois afectará as propriedades da mudança de cor. A tinta totalmente curada pode suportar lavagens.

## PROPRIEDADES:

**Resistência à luz:** A tinta torna-se colorida após 15 segundos de exposição à luz solar directa, e retoma ao seu estado incolor depois de, aproximadamente 5 minutos, ter sido retirada da sua fonte de luz. Cores diferentes possuem taxas de tempo de reversão diferentes. Algumas cores colocadas em áreas escuras mantém a cor, e só desaparecem quando deixadas em ambiente normal com luz visível por alguns minutos. A intensidade da cor é menor em temperaturas elevadas, acima dos 50°C, em comparação com as temperaturas mais baixas, inferiores a 25°C. As tintas fotocromáticas são inerentemente susceptíveis a danos causados pela luz UV, e irão degradar-se à constante exposição ao longo do tempo, sendo que a expectativa de vida depende da intensidade e da exposição à luz UV.

**Segurança:** Ausência de perigo, não tem componentes perigosos.

**Limpeza:** Pode ser limpa e lavada com água.



# HYDROCHROMIC SCREEN INK

Tinta de cor branca que perde a opacidade quando entra em contacto com a água. Quando a água é aplicada no artigo acabado, a tinta torna-se translúcida e revela a camada escondida. A tinta reverte ao seu estado original quando fica seca. O efeito pode-se dar várias vezes.

## DADOS TÉCNICOS:

**Nome do produto:** Water Based Wet And Reveal Ink

**Descrição:** Tinta aquosa à base de resinas acrílicas, reversível

**Cores Disponíveis:** Branco

## APLICAÇÃO:

**Tipos de superfície:** Substratos de papel, plástico, película, têxteis. Pode também ser usada em toners para impressão.

**Instruções de mistura:** O conteúdo vem pronto a ser utilizado. A tinta deve ser bem misturada e agitada antes da sua aplicação. Não misturar com outros tipos ou sistemas de tinta.

**Adesão:** a adesão depende das propriedades da superfície onde é aplicada a tinta, e devido à grande variedade, é aconselhável fazer uma experimentação prévia para testar os seus resultados e aderência da tinta. A transparência pode ser reduzida em algumas superfícies, e em alguns casos não ser alcançada, caso seja necessário aplicar varias camada sobre outra camada já seca. O consumo de tinta é aproximadamente de 30-35 gramas por metro quadrado.

**Secagem:** A tinta seca ao ar, mas para uma adesão completa deve ser feita uma cura a 130°C durante 3 minutos após aplicada a ultima camada de tinta.

## PROPRIEDADES:

**Resistência à abrasão:** Após o cozimento a tinta exhibe excelentes propriedade de resistência à abrasão de absorventes e não absorventes.

### Composição:

Teor de pigmento (%)  $28 \pm 2$

Teor de Sólidos (%)  $^{1} 44 \pm 2,0$

Solvente: água

pH  $8,0 \pm 2,0$

**Segurança:** Ausência de perigo, não tem componentes perigosos

**Limpeza:** Pode ser limpa cuidadosamente com água



# SUPER GLOW-GREEN

Tinta fosforescente com pigmento com a capacidade de absorver e armazenar a luz natural e artificial. Ela apresenta uma cor semitransparente à luz do dia e na ausência de luz transmite um brilho verde.

## DADOS TÉCNICOS:

**Nome do produto:** Chameleon Water Based Screen Ink

**Descrição:** Tinta aquosa, com revestimento polímero e corante

**Cores Disponíveis:** Verde, amarelo, roxo

## APLICAÇÃO:

**Tipos de superfície:** Papel, cartão, plástico, película e têxteis. Esta tinta não pode ser usada para impressão.

**Instruções de mistura:** O conteúdo vem pronto a ser utilizado. A tinta deve ser bem misturada e agitada antes da sua aplicação. Não misturar com outros tipos ou sistemas de tinta.

**Adesão:** a adesão depende das propriedades da superfície onde é aplicada a tinta, e devido à grande variedade, é aconselhável fazer uma experimentação prévia para testar os seus resultados e aderência da tinta. É recomendada a aplicação em superfícies lisas e brancas para atingir maior brilho. Caso seja necessário dar uma segunda camada para reforçar o efeito fotoluminescente.

**Secagem:** A tinta seca ao ar, desde que este não seja muito húmido. A secagem pode levar desde 15 minutos a 2 horas consoante o tipo de superfície. Após secagem é possível a aplicação de vernizes fracos para proteger a tinta, no entanto alguns vernizes podem prejudicar o seu desempenho

## PROPRIEDADES:

**Resistência à luz:** Após absorver energia, atinge um brilho longo no escuro, que pode durar até 10 horas. O brilho diminui progressivamente à medida que a energia da luz acumulada desaparece.

### Composição:

Zinc sulfide (CI: 77975) 98.0 %

Zinc oxide (CI: 77947) 2.0%

**Segurança:** Ausência de perigo, não tem componentes perigosos

**Limpeza:** Não limpar com água



**OBRIGADO !**  
PORTO 2016

DESIGNER:  
FILIPA SILVA